



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique



Université de Blida 1  
Faculté des Sciences de la nature et de la vie  
Département de biotechnologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master II en sciences agronomiques

Option : sciences forestières

Thème :

*Quantification du carbone de la litière au niveau de la forêt de  
Bainem (Alger).*

Présenté par  
NEFFAI Fatma Zohra  
KHELIF Asma

---

Le jury composé de

Présidente : Mr Fellag M.	MAA USDB 1
Examineur : Mme Lemiti S.	MAA USDB 1
Promoteur : Mme Zemouri S.	MAA USDB 1
Co-promoteur : Mme Dilmi A.	MAA I.N.R.F

Année universitaire : 2019/2020

## Résumé

---

Ce mémoire a été mis en œuvre dans le cadre du projet de l'institut national de la recherche forestière, financé par la direction générale de la recherche scientifique et du développement technologique, au niveau de la forêt de Bainem. Notre étude a été réalisée afin de déterminer le stock de carbone organique au niveau des retombées des essences forestières sous une plantation de pin d'Alep. Il s'agissait de déterminer les paramètres d'estimation de la quantité de carbone organique de litière, et de l'évolution qualitative du carbone, mais aussi de simuler les impacts environnementaux associés à la dynamique du carbone. Les résultats montrent à une diminution du stock de carbone organique et de l'azote total dans les couches supérieures (litière) dans la parcelle choisie (pin d'Alep) au contraire au couches fermentés.

**Mots clés :** foret de Bainem, Pin d'ALEP (*Pinus halepensis*), litière, carbone organique, séquestration, matière organique ;

### Abstract

This memorandum was implemented within the framework of the National Institute for Forest Research project, funded by the General Directorate of Scientific Research and Technological Development, at the level of Paynam Forest. Our study was performed to determine the precipitation level organic carbon stocks of forest species under Aleppian pine farm. It was by defining criteria for estimating the amount of residual carbon and the qualitative evolution of carbon, but also by simulating the environmental impacts associated with carbon dynamics. The results of a decrease in the stock of organic carbon and total nitrogen were obtained in the upper layers (humus) in the selected region (Aleppo pine), on the contrary in the fermented layers.

**Key words:** Baynem forest, Pine (*Pinus halepensis*), litter, organic carbon, sequestration, organic matter;

## المخلص

تم تنفيذ هذه المذكرة في إطار مشروع المعهد الوطني لبحوث الغابات، بتمويل من المديرية العامة للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي، على مستوى غابة باينام. تم إجراء دراستنا لتحديد مخزون الكربون العضوي على مستوى التساقط من الأنواع الغابية تحت مزرعة الصنوبر الحلبي. كان بواسطة بتحديد معايير تقدير كمية الكربون المتبقي والتطور النوعي للكربون، ولكن أيضًا أمحاكاة التأثيرات البيئية المرتبطة بديناميكية الكربون. تم الحصول على نتائج انخفاض في مخزون الكربون العضوي والنيروجين الكلي في الطبقات العليا (الدبال) في المنطقة المختارة (الصنوبر الحلبي)، على العكس في الطبقات المخمرة.

**الكلمات المفتاحية:** غابة باينام، الصنوبر البحري، الدبال، الكربون العضوي، العزل، المواد العضوية

## Dédicace

---

***C'est avec une grande gratitude et des mots sincères, que nous dédions ce modeste de travail de fin d'études à nos chers parents qui ont sacrifié leur vie pour notre réussite***

***\*A nos pères pour avoir toujours cru en nous pour ces nombreux sacrifices.***

***\*A nos mères pour leur soutiens et encouragement.***

## Remerciements

---

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات ;

عن ابي هريرة رضي الله (عنه مرفوعا) عن النبي صلى الله عليه وسلم قال: " لا يشكر الله من لا يشكر الناس "

Tout d'abord, nous tenons à remercier notre promotrice ‘ **Mme.Zemouri Samia** ‘ pour ses efforts dans l’institut nationale des recherche forestier, Ce qui nous a permis d'atteindre le monde étonnant au-dessus du sol. Nous tenons également à la remercier pour l'effort qu'elle a mis en nous enseignant de plus longues heures chaque jour, tout cela pour nous fournir des informations précieuses que nous avons certainement trouvées utiles dans le travail rapporté. Encouragez-nous à nous apporter les solutions innovantes aux problèmes. Vous nous avez appris à prendre les choses au sérieux et en douceur en même temps.

Deuxièmement, nous serions heureuses de remercier notre Co promotrice ‘ **Mme dilmi Amel** ‘ pour tout le calme, le temps et les efforts qu'il a mis pour nous pendant ce travail, qui a malgré sa temps difficile nous a aidé à travers ses remarques pertinentes, et cela nous a donné l'occasion d'apprendre et de travailler ensemble. Cela nous a permis d'acquérir des connaissances précieuses ; Nous lui Souhaitons plein succès dans tout le projet sur lequel elle travail. Nous souhaitons également remercier tous les professionnels et amis travaillant dans **I.N.R.F** interrogés dans le cadre de cette étude, qui ont bien voulu répondre à nos différentes questions.

Nous remercions et remercions les membres du jury, commencer par le président ‘ **MR Fellag Mustapha** ‘ un grand merci à lui, car il nous a ouvert la voie pour être membre de cette spécialité Brillante, apprendre à connaître l'autre partie du monde dès le premier instant. l'examineur ‘ **Mme Lemiti Salima**, c'est notre honneur ; pour vous de revoir ce travail, et pour le temps et les efforts qui été faits, pour lire et à corriger ce travail.

Nous n'oublierons certainement pas tous les professeurs qui ont pris soin de nous au fil des ans. Enfin, nous sommes heureuses de remercier nos émotions et nos frères et sœurs d'avoir un soutien matériel et émotionnel pacifique, nous espérons que cela les rendra fiers et leur fera enfin voir leurs efforts.

## Liste des figures

<b>N° Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
Figure 01	Place et composition des matières Organiques du sol	05
Figure 02	Évolution de la matière organique du sol	07
Figure 03	Décomposition de la matière organique fraîche	08
Figure 04	Photo de litière prise à la forêt de Bainem	09
Figure 05	schéma d'un écosystème forestier moins les consommateurs	14
Figure 07	Schéma simplifié de cycle de carbone avec le temps généralement requis pour que le carbone passe dans les grands réservoirs	17
Figure 08	Cycle du C au niveau de la parcelle d'un écosystème forestier	18
Figure 09	Modèle de la dynamique du carbone dans le sol	20
Figure 10	La carte géographique de forêt de Bainem	24
Figure 11	les pluviométries de la Forêt de Bainem (2006-2015).	26
Figure 12	les températures moyennes, minimale et maximale de la forêt de Bainem pour la période 2006-2015.	27
Figure 13	Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Bainem pour les périodes 2006 - 2015	29
Figure 14	La situation de la forêt domaniale de Bainem dans le climagramme d'Emerger.	31
Figure 15	la Parcelle expérimentale (foret de pin d'Alep)	37-38
Figure 16	Le mode d'échantillonnage	39
Figure 17	Les matériels utilisés dans le terrain	40
Figure 18	Le séchage de la litière à l'étuve	41
Figure 19	le broyage	41
Figure 20	le tamisage	42
Figure 21	Une balance a précision pour peser les échantillons	43
Figure 22	Une photo de four a moufle	43
Figure 23	des échantillons à l'intérieur d'un cristallisoir	44
Figure 24	Un échantillon de la litière avant et après la sorte de four a moufle	44
Figure 25	Les échantillons Placés dans l'agitateur	45
Figure 26	la filtration des solutions	45
Figure 27	L'analyse du PH par le pH mètre	46
Figure 28	L'analyse de la conductivité électrique par le conductimètre	46
Figure 29	Les solutions dans les matras de kjeldahl	48
Figure 30	Les matras dans la rompe d'attaque	48
Figure 31	La distillation	49
Figure 32	La variation de l'humidité en (%) des premières couches des litières des deux tansects au niveau la parcelle	50
Figure 33	La variation de l'humidité en (%) des deuxièmes couches des litières des deux transects au niveau la parcelle	50

Figure 34	La variation du pH des premières couches des litières des deux transects au niveau la parcelle01	51
Figure 35	La variation du pH des deuxièmes couches des litières des deux transects au niveau la parcelle 01	52
Figure 36	La variation de la conductivité électrique des première couches des litières en (sm <sup>-1</sup> ) au niveau la parcelle 01	53
Figure 37	La variation de la conductivité électrique des deuxièmes couches des litières en (sm <sup>-1</sup> ) au niveau la parcelle 01	53
Figure 38	La variation du Carbone organique des deuxièmes couches des litières des deux transects au niveau la parcelle 1	54
Figure 39	La variation du Carbone organique des deuxièmes couches des litières des deux transects au niveau la parcelle 1	55
Figure 40	La variation d'azote des premières couches des litières des deux transects Au niveau la parcelle 01	56
Figure 41	La variation d'azote des deuxièmes couches des litières des deux transects au niveau la parcelle 01	56
Figure 42	La variation du taux de la minéralisation (rapport C/N) des premières couches des litières au niveau la parcelle	57
Figure 43	La variation du taux de la minéralisation (rapport C/N) des deuxièmes couches des litières au niveau la parcelle	57

## Liste des tableaux

---

N° Tableaux	Titre	Page
Tableau 01	les précipitations moyennes annuelles de forêt de bainem pour la période 2006_2015	26
Tableau 02	les températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la forêt de bainem la période 2006_2015	27

## Liste des acronymes

---

**C.E** : la conductivité électrique

**FAO** : (Food and Agriculture Organization of the United Nations) ; Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**GES** : gaz à effet de serre.

**GIEC** : (IPCC ; International Panel on Climate Change) ; Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

**GPS** : global positioning system.

**I.N.R.F** : l'institut national de recherche forestière

**MO** : matière organique

**MOS** : la matière organique de sol

**MOV** : la matière organique vivant

**pH** : Le potentiel hydrogène

## Liste des symboles chimiques

---

**C org** : le carbone organique

**C inorg** : le Carbone inorganique

**C** : carbone

**Ca** : Le calcium

**CH<sub>4</sub>** : méthane.

**CO<sub>2</sub>** : le dioxyde de carbone.

**Co(OH)<sub>2</sub>** : L'hydroxyde de cobalt(II)

**Cu** : cuivre

**CuSO<sub>4</sub>** : Cuivre sulfates

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : Acide sulfurique

**H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>** : acide borique

**K** : le potassium

**K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : Sulfates de potassium

**N** : azote

**NaOH** : L'hydroxyde de sodium

**NH<sub>3</sub>** : L'ammoniac

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : L'ion ammonium

**(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : le sulfate d'ammonium

**N<sub>2</sub>O** : Le Protoxyde d'azote (Oxyde nitreux).

**NO<sub>2</sub>** : le dioxyde d'azote

**P** : phosphore

**S** : soufre

# Table de matière

---

## Liste des figures

## Liste des tableaux

## Liste des acronymes

## Liste des symboles chimiques

## Introduction générale..... 1

## Partie 01 : la bibliographie

### Chapitre I : la matière organique du sol

#### *Introduction*.....3

1. Définition ..... 3
2. La nature de la matière organique du sol..... 3
3. Les types de la matière organique du sol..... 4
4. Les sources de la matière organique du sol ..... 5
5. Relation matière organique/sol ..... 6
6. Dynamique et évolution de la matière organique ..... 6
7. Le rôle écologique de la matière organique..... 8

### Chapitre II : la litière forestière

#### Introduction.....9

1. Définition ..... 9
2. La composition de la litière ..... 10
3. La Litière en milieu forestier ..... 11
  - 3.1. Production de litière en milieu forestier ..... 11
  - 3.2. Les rôles de la litière.....11
  - 3.3. La dégradation de la litière ..... 12
    - 3.3.1. Les facteurs affectant la décomposition ..... 12
    - 3.3.2. La décomposition proprement dite ..... 13

### Chapitre III : L'émission de CO<sub>2</sub> et le stockage de carbone

#### Introduction..... 16

1. Le cycle global du carbone et l'augmentation de la concentration atmosphérique du dioxyde de carbone..... 16

2.	Le carbone en forêt.....	17
2.1.	Les flux de carbone en forêt.....	18
2.2.	Les stocks de carbone de l'écosystème forestier .....	19
2.3	Le carbone de sol forestier.....	20
2.4.	Le rôle de carbone organique du sol.....	21

## **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude**

1.	L'Histoire de la forêt de Baïnem .....	22
2.	Le milieu physique.....	23
2.1	la description de la zone d'étude .....	23
2.2	la situation administratives .....	23
2.3	la situation géographique .....	24
2.4	l'étude climatique.....	25
2.4.1	Les précipitations.....	25
2.4.2	Les Température.....	26
2.4.3	La Synthèse bioclimatique .....	28
2.4.4	Autres paramètres climatiques .....	31
2.5	La Pédologie .....	32
2.6	La Géologie.....	32
2.7	Le Réseau hydrographique .....	33
2.8	La Topographie .....	33
3.	Le Milieu biologique.....	33
3.1	La végétation.....	33
3.2	La faune .....	35

## **Chapitre II : Matériel et méthode**

1.	Travaux de terrain.....	37
1.1.	Parcelles expérimentales.....	37
1.2.	l'échantillonnage .....	38
1.3.	Matériels utilisés.....	40
2.	Travaux de laboratoire .....	41
2.1.	la Préparation de la litière .....	41
2.2	Les analyses physiques et chimiques.....	42
2.2.1	les analyses physiques.....	42
2.2.2.	les analyses chimiques.....	45

## **Partie 03 : résultats et discussions**

1.	Analyses des données statistiques.....	50
1.1.	Humidité.....	50
1.2.	Le pH de la litière.....	51
1.3.	Conductivité électrique (CE) .....	53
1.4.	Le carbone organique .....	54
1.5.	L'Azote de la litière.....	56
1.6.	Le Taux de la minéralisation (C/N).....	57

<b>Conclusion.....</b>	<b>59</b>
------------------------	-----------

### ***Annexe***

## Introduction général

Il est devenu évident que l'augmentation des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère et le changement climatique qui en résulte auront des effets majeurs au 21<sup>ème</sup> siècle (**FAO, 2002**). Il se manifeste par une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et, une élévation du niveau moyen de la mer. Les activités humaines telles que l'utilisation de combustibles fossiles, la déforestation et l'agriculture sont l'origine des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de méthane (CH<sub>4</sub>), de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et de fluorocarbures.

A ce propos, des nouvelles stratégies et des politiques appropriées au niveau mondial ont été entreprises pour faire face aux changements climatiques, en concordance avec les recommandations du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat (**GIEC**).

Le Protocole de Kyoto prévoit que l'émission nette de gaz à effet de serre peut être réduite soit en diminuant le taux auquel ils sont émis vers l'atmosphère soit en augmentant le taux au quelles gaz sont retirés de l'atmosphère au travers des puits. (**FAO ,2002**). Une option concerne la séquestration du carbone dans les sols ou la biomasse terrestre, en particulier les sols utilisés pour l'agriculture ou la sylviculture.

Les écosystèmes forestiers jouent un rôle important dans l'atténuation de la concentration du gaz carbonique (gaz à effet de serre) en raison des fortes quantités de carbone (C) stockées dans leur végétation et le sol. Les forêts stockent plus que la moitié du carbone organique des terres émergées (1120 Gt C) et le carbone emmagasiné dans les sols des forêts représente 35% du total du carbone présent dans les réservoirs du sol (**Robert, 2002**).

La quantité de C organique dans un sol forestier est le résultat de l'équilibre entre la production primaire nette de la végétation et la décomposition de la matière organique (**Liski & Westman, 1997a, b**). **Schlesinger (1986)** a estimé qu'il y avait environ trois fois plus de carbone dans le sol que dans la végétation des écosystèmes terrestres.

## Introduction général

Des résultats ont déjà été obtenus dans ce domaine par **Runovet Sokolov (1 958)**, **Meyer (1960)**, **Witkampt Dodson (1 962)**, **Raguotis (1 967)**, dont les travaux Suggèrent que, comparativement aux feuillus, les conifères induisent dans le sol une réduction sensible de la densité bactérienne et un ralentissement de certaines activités microbiennes et enzymatiques.

D'après nos investigations, peu de recherches ont été menées jusqu'à présent ciblé la quantification du stock de carbone dans les écosystèmes forestiers pratiquement rares en Algérie.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail de mémoire de fin d'étude, qui porte sur :

- Evaluation du taux de carbone des litières au niveau des sols de la forêt de Bainem.
- Suivi l'évolution du carbone au niveau d'une litière sous la plantation des conifères.

Ce mémoire est structuré en trois parties :

- ❖ Partie bibliographique
- ❖ Partie expérimentale
- ❖ Résultat et discussion

Et finalement une conclusion générale.

## *Partie 01 : La bibliographie*

---

## Introduction

Avec les préoccupations actuelles concernant le réchauffement global lié à l'augmentation des teneurs en gaz à effet de serre ou GES (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>) de l'atmosphère, les écosystèmes terrestres, en particulier forestiers, jouent un rôle important dans l'atténuation de ce phénomène climatique, entre autres l'atténuation de la concentration de Dioxyde de carbone. Les sols sont au cœur de ces enjeux globaux du fait qu'ils contiennent au moins les trois quarts du carbone globalement stocké par les écosystèmes terrestres (**Eglin et al., 2010**). La partie organique du sol représente souvent une proportion variable de la masse totale du sol, Et sa dynamique dans les sols est ainsi devenue une question majeure de la recherche sur les sols et sur les écosystèmes terrestres, qui intéresse également le forestier.

## 1. Définition

Le terme matière organique du sol regroupe une somme importante et hétérogène de substances et composés carbonés d'origine végétale et animale.

La matière organique (MO) correspond à l'ensemble de la MO d'origine biologique qui se trouve dans la matrice du sol ou directement à sa surface ; elle prend en compte la MO déjà altérée (**Baldock and Skjemstad, 2000**).

## 2. La nature de la matière organique du sol

La nature des matières organiques peut être différente :

**a. La nature chimique** : La nature chimique des matières organiques du sol, bien qu'extrêmement complexe, le nombre de composés rencontrés est quasiment infinie. Seules les proportions de quelques molécules du vivant comme les celluloses et les glucides apparaissent et varient de manière significative.

# Chapitre I : la matière organique du sol

La matière organique du sol est riche en nutriments tels que l'azote (N), phosphore (P), soufre (S) et micronutriments, composé d'environ 50% de carbone (C).

**b. nature granulométrique :** matières organiques particulaires, solubles, colloïdales,

**c. nature compartimentale :** biomasse microbienne, métabolites, matière organique stable.

Cette très grande hétérogénéité chimique et particulière des matières organiques leur confère des propriétés très diversifiées.

**Baldock et Nelson (1999)** définissent la MOS comme étant la somme de composés organiques morts et vivants qui se trouvent dans ou à la surface du sol, indépendamment de leur origine ou de leur stade de décomposition. Globalement, la MOS a été subdivisée par **Theng et al. (1989)** en deux groupes, la MO vivante (5 %) et morte (95 %).

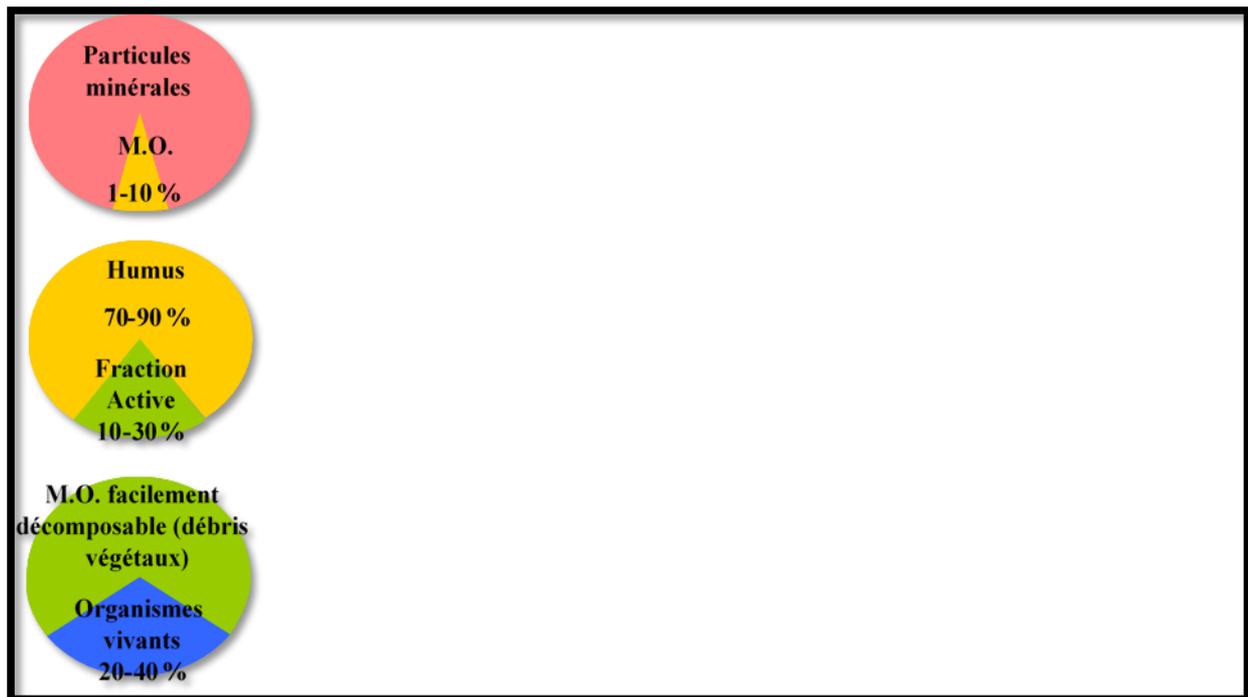
## 3. Les types de la matière organique du sol

- **Les matières Organiques Vivantes (MOV) :** animale, végétale, fongique et microbienne, englobent la totalité de la biomasse en activité (racines, vers de terres, microflore du sol...).

- **Les débris :** d'origine végétale (résidus végétaux, exsudats), animale (déjections, cadavres), fongique et microbienne (cadavres, exsudats) appelés « Matières Organiques fraîches ». Associés aux composés organiques intermédiaires issus de l'activité de la biomasse microbienne, appelés produits transitoires (évolution de la matière organique fraîche), elles composent les MO facilement décomposables.

- **Les composés organiques stabilisés (« MO stable ») :** matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes. La partie humus représente 70 à 90 % du total.

(Beauchamp J, 2003). (Figure 01).



**Figure 01 : Place et composition des matières Organiques du sol**

(Chenu et Balabane, 2001)

## 4. Les sources de la matière organique du sol

Les débris végétaux sont la source essentielle de la matière organique présente dans le sol à l'état inerte. Suite à l'activité microbienne, les débris végétaux sont décomposés plus ou moins rapidement. **LOISION et NIOGRET (In Bensid, 1996)**, établissent une liste des principales sources de la matière organique dans les sols forestiers :

- Débris végétaux.
- Bio faune du sol.
- Microflore du sol.
- Exsudats racinaires.
- Pluiolessivats.

# Chapitre I : la matière organique du sol

Selon **Mangenot et Toutain (1980)**, en dehors des apports racinaires des végétaux forestiers, l'essentiel de la matière organique qui arrive au sol provient des parties aériennes des arbres, des arbustes, et de la strate herbacée. Ces apports sont de deux types :

**-Les pluviolessivats** : qui correspondent à des apports de matières solubles ou de résidus variés de très petite taille (lessivage de la phyllosphère par les eaux de pluies).

**-Les retombées biologiques solides** : débris végétaux de différentes natures.

## 5. Relation matière organique/sol

Les sols sont constitués d'un mélange intime de matière minérale et organique, sont issus de l'altération des roches sous-jacentes sous l'action du climat et des organismes vivants, Les constituants organiques du sol proviennent de la décomposition de la matière organique végétale, animale et bactérienne. Ces substances sont en constante évolution dans le sol et sont transformées par divers processus géochimiques à travers le temps.

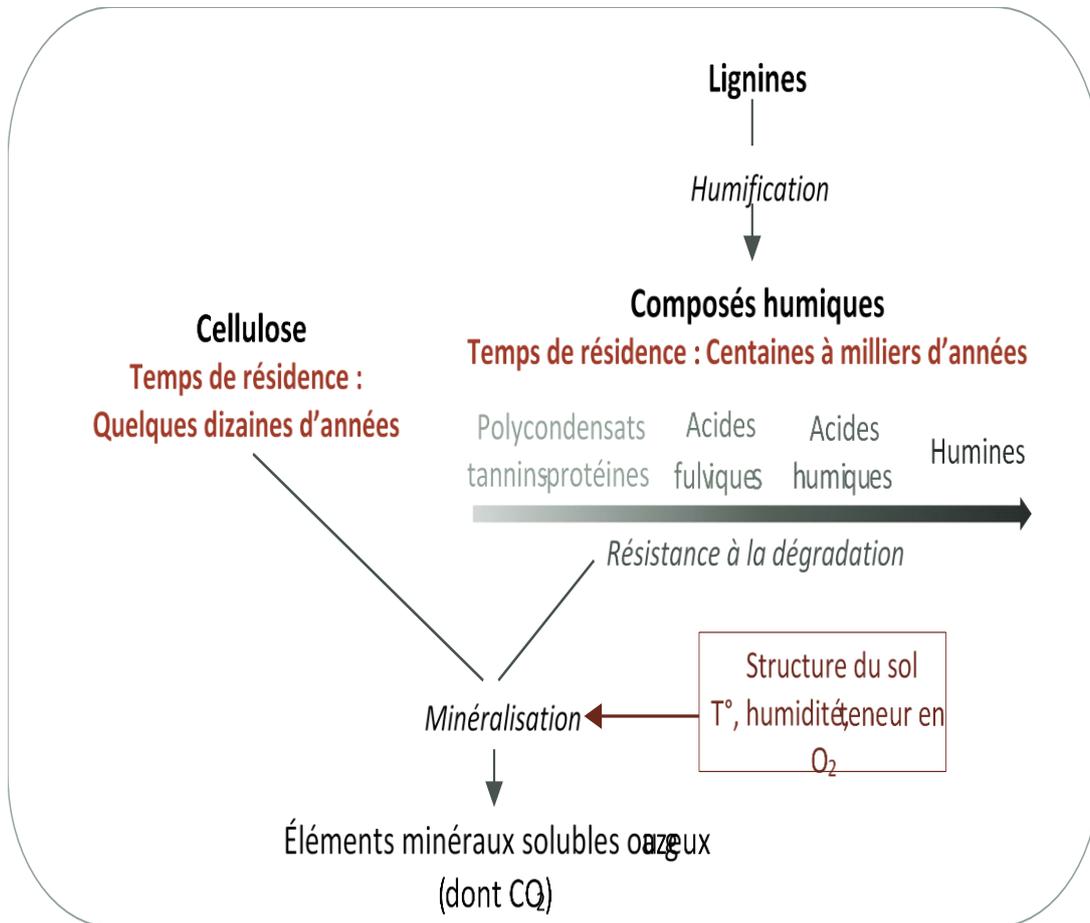
## 6. Dynamique et évolution de la matière organique

La dynamique de la matière organique du sol correspond quant à elle à différents flux : le flux entrant principalement via les litières végétales et les flux sortants que sont la minéralisation et les pertes par ruissellement et lixiviation. Comme nous l'avons mentionné plus tôt dans le paragraphe précédent.

L'évolution de la matière organique du sol dépend d'un grand nombre de transformation physico-chimiques et biologiques et même géochimique à long terme. Il est conditionné par leur nature biochimique (teneur en azote, en lignine, en poly phénols). Elles sont composées de molécules ayant des temps de résidence allant de la dizaine d'années au millénaire. Ainsi, la cellulose est dégradée rapidement, alors que les lignines, vont libérer des formes plus stables (polycondensats de tannins

# Chapitre I : la matière organique du sol

protéines, formes phénoliques polycycliques telles les acides fulviques, humiques ou les humines figure (02).



**Figure 02 : Évolution de la matière organique du sol (Rossi., 2015)**

La transformation physiques et biochimiques que subissent la matière organique fraîche et la matière organique déjà transformée et qui conduisent à la formation de l'humus (Calvet et al. 2011). Une partie de la matière organique fraîche est donc rapidement minéralisée tandis qu'une autre part est progressivement humifiée (figure03). De ce fait reste dans le sol.

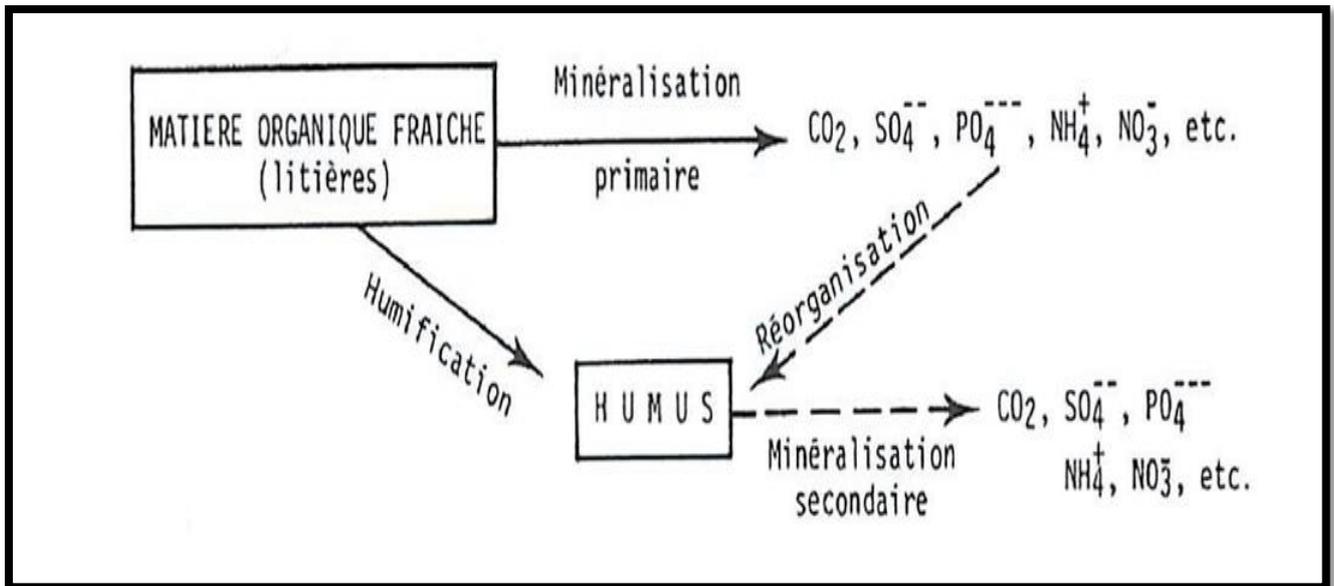


Figure 03 : Décomposition de la matière organique fraîche (Duchaufour, 2001).

### 7. Le rôle écologique de la matière organique

La matière organique du sol joue de multiples rôles dans les processus écologiques :

- C'est le substrat de base pour le réseau trophique détritif : les microorganismes saprophytes (composés de bactéries, d'archées et de champignons) et de nombreux organismes de la faune du sol, dont les ingénieurs du sol, se nourrissent en métabolisant les composés organiques des litières et du sol. Ces organismes saprophages servent alors de substrat pour divers organismes prédateurs et omnivores.
- C'est un réservoir d'éléments nutritifs, qui grâce à la minéralisation peuvent être libérés et rendus disponibles pour l'absorption par les plantes ou d'autres organismes du sol.
- Ainsi, la teneur en matière organique du sol a une forte influence sur la capacité de ce sol à retenir et restituer les éléments nutritifs, en les protégeant de la lixiviation.

### Introduction

Les écologistes qui ont étudié les formations végétales naturelles se sont particulièrement intéressés à la décomposition de la litière en relation avec le cycle des éléments nutritifs et la productivité du sol. Cela tient manifestement à ce que cette décomposition a un effet marqué sur la disponibilité des éléments nutritifs, qui est un facteur essentiel de la croissance des arbres et de la production ligneuse. D'un autre côté ; Les retombées de litière sont l'une des principales sources de carbone organique dans les sols forestiers et la décomposition de cette litière fait partie des processus qui déterminent les quantités de carbone stockées dans l'humus (**Berg et al., 2001**).

### 1. Définition

La litière prend également le nom de matière organique fraîche (**Duchaufour, 1991**). C'est une Couche d'épaisseur variable, de feuilles mortes et de débris de végétaux (rameau ; brindilles ; racines fines ; écorce ; fleurs ; fruits aiguilles), qu'on trouve souvent au pied des arbres et des arbustes, ou animaux qui recouvre le sol en forêt. C'est elle qui engendre l'humus (**Duchaufour, 1991**).



**Figure 04 : Photo de litière prise à la forêt de Bainem (original, 2020)**

### 2. La composition de la litière

La litière (= matière organique fraîche) est constituée de débris végétaux ou animaux de toute nature (feuilles, rameaux...) et non décomposés, reposant à la surface du sol. **Dommergues et Mangenot (1970)**. Elle est essentiellement végétale en rapport avec la proportion de la masse animale que l'on y retrouve (**Frontier et Pichot-Viale, 1993**).

La litière est constituée de deux fractions (**Dommergues et Mangenot, [1970]**) :

- La fraction hydrosoluble, rapidement entraînée vers les horizons minéraux après la chute des feuilles et riche en substances complexantes (processus de chéluviation).

- La fraction non-hydrosoluble, décomposée par la microflore et la pédofaune.

- **La composition chimique de la litière** La composition chimique de la litière, connue sous plusieurs noms tels que qualité du substrat, qualité de la litière ou qualité de la ressource, On peut définir la qualité de la ressource comme la valeur d'une ressource servant de nourriture à un organisme, incluant à la fois des critères chimiques et physiques (**Swift et al., 1979**). En effet, la nourriture doit satisfaire à des besoins physiques (propriétés de surface, texture...) et chimiques (phagostimulants. Facteurs nutritionnels) pour que l'ingestion ou la colonisation ait lieu. (**Swift et al. 1979**) distinguent donc trois groupes de composés permettant de définir la qualité de la ressource :

- Le carbone et les sources d'énergie (lipides, polysaccharides, protéines, polymères aromatiques tels que la lignine),

- Les sources de nutriments (autres que le carbone, c'est-à-dire N, P, K, Ca...).

## Chapitre II : la litière forestière

- Les agents modificateurs (composants chimiques présents dans la ressource). À cause de leur structure moléculaire, ils influencent l'activité ou le comportement des organismes décomposeurs. Il s'agit essentiellement des polyphénols.

### 3. La Litière en milieu forestier

#### 3.1. Production de litière en milieu forestier

La litière représente un des sentiers majeurs du flux nutritionnel. Une large proportion de la production primaire nette des écosystèmes forestiers retourne au sol annuellement. Dans le cas de forêts matures, c'est même la presque totalité de cette production.

La production de litière est contrôlée par des facteurs climatiques et édaphiques, les premiers contrôlant la production au niveau régional et les seconds au niveau local.

La litière ne comprend généralement pas que de feuilles, les données compilées par **Bray et Gorham (1964)** indiquent que les autres constituants (fruits, branches, écorces, etc.) comptent en moyenne pour 28% de la masse totale des litières aériennes. La contribution de la végétation de sous-bois à la production de litière est variable selon les milieux s'élevant de 3 à 20%. Toutefois, pour autant que le peuplement soit fermé, la production de litière est assez indépendante du nombre de tiges à l'unité de surface puis la biomasse du feuillage tend à se stabiliser après la fermeture du couvert forestier.

#### 3.2. Les rôles de la litière

La litière est un habitat essentiel pour de nombreuses espèces qui participent au cycle sylvigénétique et préparent la bonne germination de nombreuses graines et la régénération naturelle des forêts. (**Bodu & Bertrand (2017)**) Elle accueille un écosystème d'organismes décomposeurs qui la transforme peu à peu en humus

Elle protège le sol minéral contre l'action directe de l'eau.

## Chapitre II : la litière forestière

Elle amortit les gouttes de pluie en hiver qui séparent les particules du sol.

Elle prévient la compaction du sol et empêche l'entraînement des particules de terre par le ruissellement. **Ingrig Kogel-Knabner, (2002)** La litière fonctionne comme une énorme éponge qui stocke une partie de l'eau de pluie (jusqu'à 15%) et la restitue lentement permettant l'infiltration en profondeur.

Elle protège notamment le sol de l'érosion, de la dessiccation, des ultraviolets solaires, de la lumière (nombre des espèces de la litière sont lucifuges), et des chocs thermiques.

La litière abrite et nourrit de nombreuses espèces, dont des hôtes occasionnels (**Roger Bray, Eville Gorham**).

### 3.3. La dégradation de la litière

La décomposition est active dans la couverture morte, où les bactéries et les champignons sont, semble-t-il, les premiers colonisateurs de la litière fraîche. Ce qu'on appelle la biodégradation.

D'autre part, il existe plusieurs facteurs qui surveillent ce phénomène.

#### 3.3.1. Les facteurs affectant la décomposition

La vitesse de décomposition de la litière est principalement affectée par :

- a. **Climat** : Au niveau du climat, la décomposition de la litière est surtout affectée par la température et l'humidité (**Facelli et Pickett, 1991 ; Berg et al., 1993; Moore et al., 1999**). Une faible humidité induit une diminution de l'activité métabolique (**Coûteaux et al., 1995**). Aussi, le régime d'humidité joue un rôle important dans le lessivage des feuilles, de même que les alternances de gel dégel qui brisent les cellules, augmentant le taux de lessivage (**Swift et al., 1979**).

- b. Composition chimique de la litière :** La qualité de la ressource est une notion très importante puisqu'elle influence tous les processus de décomposition subséquents (**Heal et Dighton, 1985 ; Haynes, 1986; Northup et al., 1998**).
- c. Les organismes décomposeurs :** En fait, Le sol forestier est l'habitat d'une multitude d'organismes du sol qui présentent une grande diversité d'espèces, Parmi ces microorganismes, les champignons jouent un rôle majeur (**Swift, 1982**). Le nombre des espèces fongiques, peu important sur les végétaux vivants (*Cladosporium*, *Alternaria*), augmente de façon considérable au niveau des litières de bactéries, d'insectes et de vers.

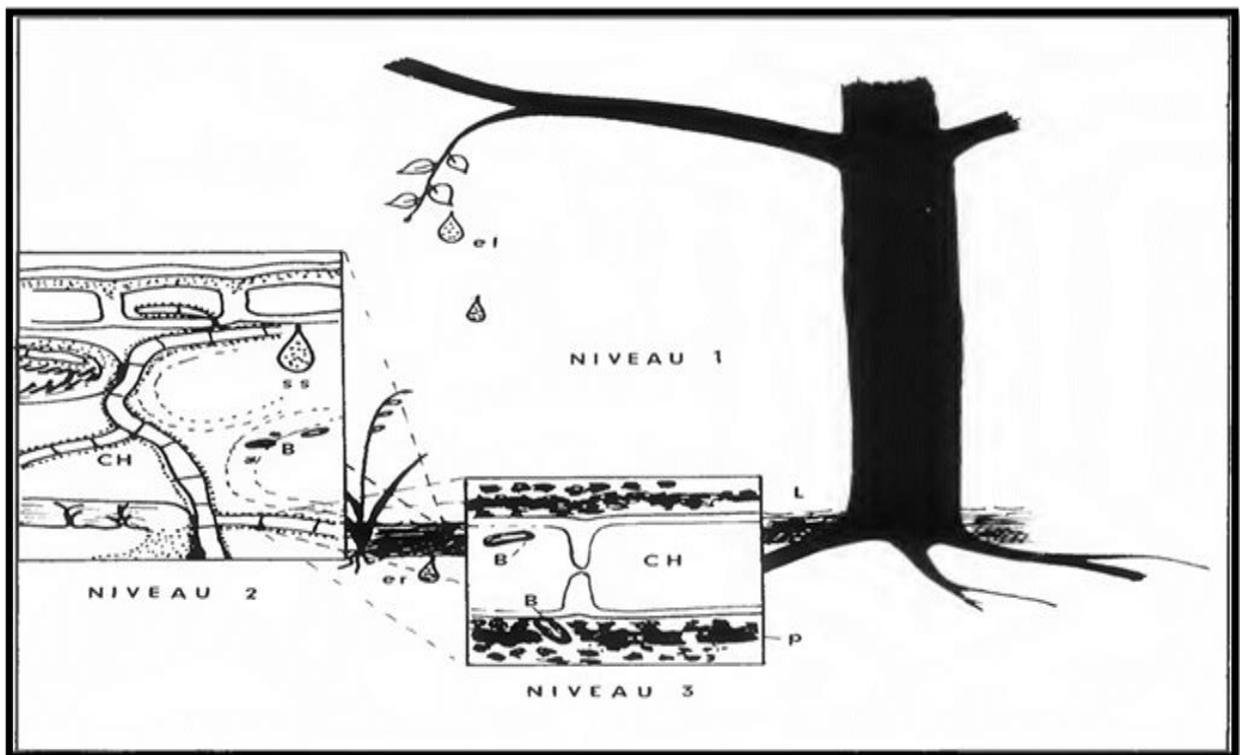
### 3.3.2. La décomposition proprement dite

L'étude de la décomposition de la litière fait appel à trois techniques principales :

- Mesure de l'évolution du bioxyde de carbone ou de l'absorption d'oxygène (Reiners, 1968 ; Wiant Jr., 1967a ; 1967b ; Witkamp, 1966 ; Witkamp et Van Der Drift, 1961).
  - L'observation de la disparition du disque foliaire et d'un constituant Spécifique tel que cellulose et lignine (Edwards et Heath, 1963 ; Heath *et al.* 1964 ; 1966 ; Madge, 1965).
  - Mesure de l'activité du macrofaune et de la microfaune dans les conditions particulières de substrat et de milieu écologique.
- ❖ **Au premier niveau**, les producteurs (arbre, sous-étage, herbes, mousses, lichens) puisent dans l'atmosphère du gaz carbonique, dans le sol de l'azote et d'autres éléments biogènes et font la synthèse de matière vivante. Celle-ci plus ou moins tôt, plus ou moins tard, directement ou non, mais de façon inéluctable, fera retour au sol sous forme d'exsudats racinaires et foliaires et sous forme de débris organisés : feuilles, rameaux, écorces, fleurs, fruits, etc... Dont l'ensemble constitue la litière.

## Chapitre II : la litière forestière

- ❖ **au deuxième niveau**, alimente des chaînes trophiques dans lesquelles se succèdent des décomposeurs (champignons et bactéries) et des consommateurs. Les cadavres des uns et des autres
- ❖ **.Au troisième niveau**, Les déjections des seconds ont un troisième niveau de structure analogue, et ainsi de suite jusqu'à épuisement de l'énergie des apports initiaux. Le fonctionnement de ces chaînes assure la transformation de la matière organique dans deux directions : d'une part, celle-ci est minéralisée avec retour du carbone, de l'azote et des autres éléments à l'état de molécules inorganiques utilisables par les producteurs. (**figure05**).



**Figure 05 : schéma d'un écosystème forestier moins les consommateurs**

**(Mangenot, 1980)**

**Dans des conditions favorables**, la litière disparaît rapidement, la fraction Minéralisée est élevée et l'humus, formé en quantités modérées, est intimement associé aux argiles. C'est un humus **doux ou mull** comme on en trouve, par exemple, dans une chênaie mixte sur limon.

## Chapitre II : la litière forestière

**Dans des conditions défavorables**, la minéralisation est ralentie et la litière se transforme peu à peu en débris organiques noircis, formant un humus brut ou mor, juxtaposé au sol minéral, mais non associé à celui-ci. la Biodégradation sera plus ou moins efficace et les microorganismes impliqués plus ou moins spécialisés (**Moukouri & al., 2006**).

### Introduction

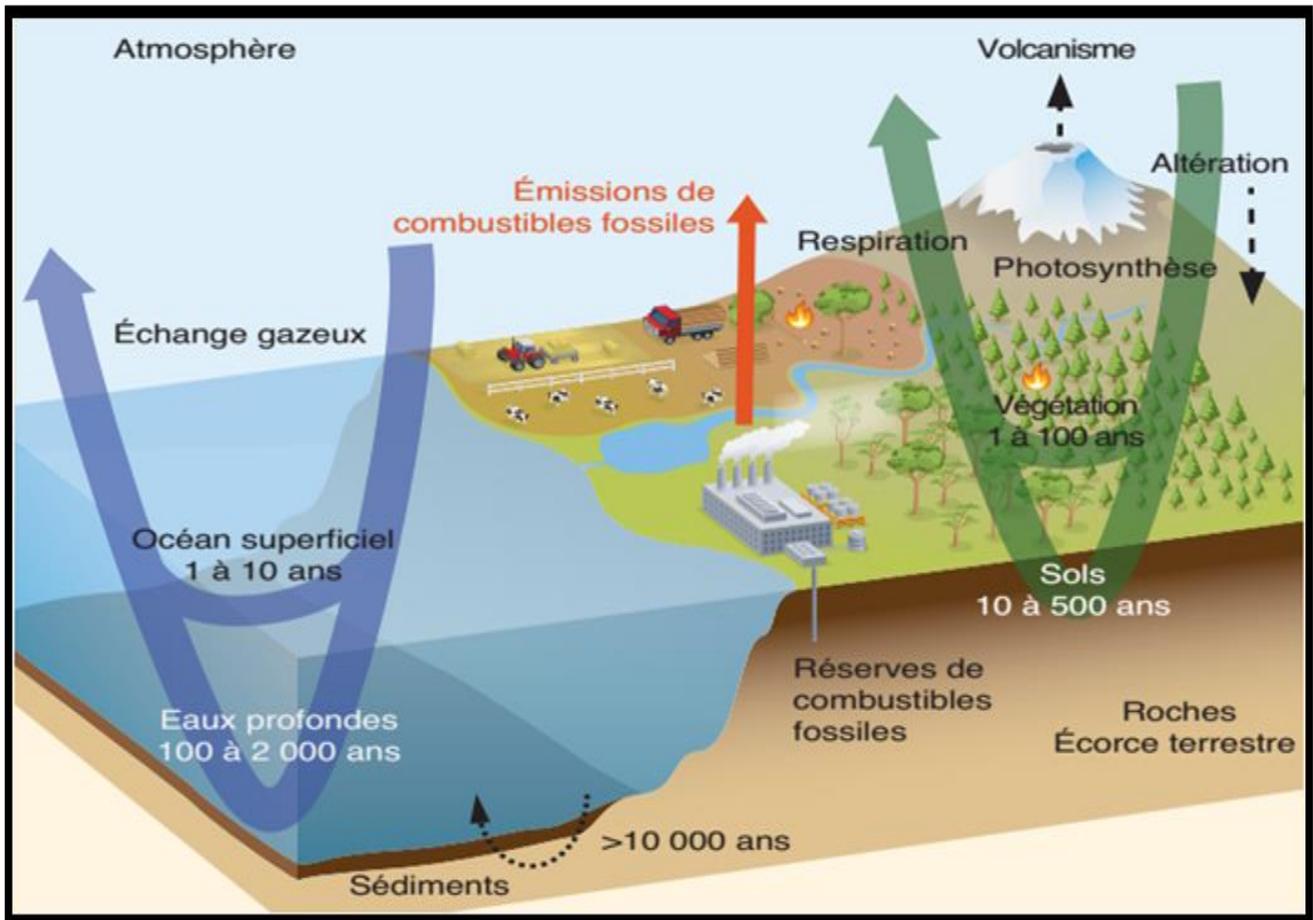
Les gaz à effet de serre (GES) sont naturellement présents dans l'air, mais les activités anthropiques au cours de ses dernières années (depuis la révolution industrielle), en produisent de plus en plus particulièrement le CO<sub>2</sub>, le méthane (CH<sub>4</sub>) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), l'importance des cycles globaux de (C) et de l'azote (N) dans la prévision de futures scénarios climatiques et le potentiel de stockage du carbone dans la biosphère continentale ont reçu une grande attention (**Lal et al., 1997**), Le Protocole de Kyoto prévoit que l'émission nette de gaz à effet de serre peut être réduite soit en diminuant le taux auquel ils sont émis vers l'atmosphère soit en augmentant le taux auquel les gaz sont retirés de l'atmosphère au travers des puits.

### 1. Le cycle global du carbone et l'augmentation de la concentration atmosphérique du dioxyde de carbone

Le CO<sub>2</sub> est un gaz très peu réactif qui se mélange rapidement dans toute la troposphère, soit en moins d'une année. À la différence des composés chimiques réactifs présents dans l'atmosphère, tel le méthane, qui sont éliminés et désagrégés par les processus d'absorption dans les puits, le carbone est redistribué entre les différents réservoirs du cycle global du carbone, puis renvoyé dans l'atmosphère à des échelles de temps très variables. Un schéma simplifié du cycle global du carbone est présenté ici (**Figure 7**).

➤ Avant l'ère industrielle, le cycle du carbone était globalement à l'équilibre. L'échange de Carbone se fait d'abord entre les réservoirs « rapides », tels l'atmosphère, la couche supérieure de l'océan, la végétation terrestre et les sols, ce qui prend jusqu'à quelques milliers d'années. À plus long terme, ce sont des processus géologiques secondaires très lents – dissolution des sédiments carbonatés et enfouissement dans les sédiments de l'écorce terrestre – qui jouent un rôle important. Sur terres la végétation assimile le CO<sub>2</sub> par le biais de la photosynthèse et le transforme en matière organique. Une partie du carbone ainsi produit est immédiatement renvoyée dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub>,

par la respiration des végétaux. Le reste sert à la croissance des plantes. Les matières végétales mortes pénètrent dans le sol, où elles sont décomposées par des micro-organismes.



**Figure 07 : Schéma simplifié de cycle de carbone avec le temps généralement requis pour que le carbone passe dans les grands réservoirs (Source Giec, 2013)**

### 2. Le carbone en forêt

Précisons d'abord que dans la nature, le carbone se retrouve sous deux formes : le carbone organique ( $C_{org}$ ) et le carbone inorganique ( $C_{inorg}$ ). Il est souvent utile de faire la distinction.

### 2.1. Les flux de carbone en forêt

Au sein des écosystèmes forestiers, le cycle du carbone est éminemment dynamique. Les processus naturels d'échange de C entre l'atmosphère, la végétation et le sol d'une parcelle d'un écosystème forestier sont montrés dans la figure 8 ; (i) la photosynthèse (réaction biochimique qui, grâce à l'énergie lumineuse, transforme des molécules d'eau et le CO<sub>2</sub> atmosphérique en molécules d'O<sub>2</sub> et de glucides ou matière organique), (ii) la respiration autotrophe (plante) et (iii) la respiration hétérotrophe (activité microbienne et tous les microorganismes) (Cao and Woodward, 1998; Malhi et al., 1999). Le stock de C de la végétation d'un écosystème forestier résulte donc de la différence entre les taux de production et de décomposition de la biomasse (IPCC, 2007). Pour le carbone organique du sol, il existe aussi d'autres processus, tel le transfert de matière organique sous forme solide et soluble (dépôt, érosion, ruissellement, lixiviation) (Bernoux et al., 2004).

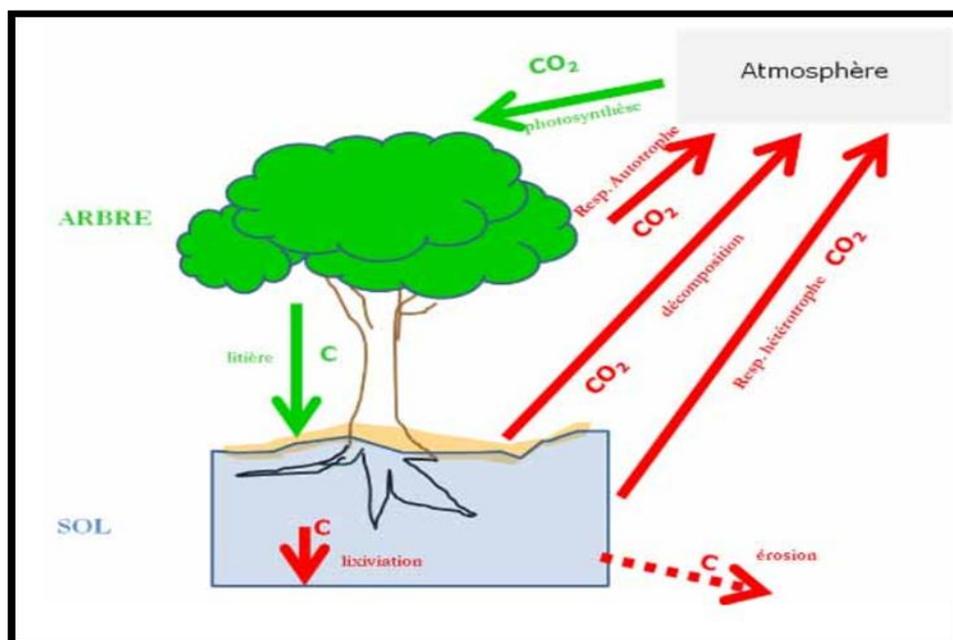


Figure 08 : Cycle du C au niveau de la parcelle d'un écosystème forestier (adapté à partir de Malhi et al. 1999 et IPCC, 2007).

### 2.2. Les stocks de carbone de l'écosystème forestier

Les considérations relatives au carbone stocké dans les écosystèmes forestiers remontent au début des années 1980, parallèlement aux préoccupations scientifiques concernant les changements du climat à l'échelle globale. Des études ont dès lors avancé qu'à l'échelle planétaire, 90% du carbone contenu dans la biosphère terrestre se trouvait dans les écosystèmes forestiers (biomasse et sol) (**Armentano et Ralston, 1980**), constituant ainsi d'importants puits de carbone (**Tans et al., 1990; Bonan, 1991; Sundquist, 1993**) le compartiment autotrophe utilise l'énergie solaire et capte le CO<sub>2</sub> atmosphérique à l'écosystème. Le stockage se fait dans les compartiments suivants :

- Le compartiment autotrophe utilise l'énergie solaire et capte le CO<sub>2</sub> atmosphérique à l'écosystème. Le stockage dans ce compartiment est important (mais il fait l'objet de prélèvements).
- Le compartiment hétérotrophe utilise la matière organique morte, la nécromasse, comme source d'énergie. Il dégage du CO<sub>2</sub> du fait de la respiration des organismes qui la dégradent. Cependant une partie de cette nécromasse est immobilisée dans les horizons humifères, stockant ainsi le carbone à plus long terme. Au niveau de la dynamique forestière, le compartiment hétérotrophe domine en phases vieilles et terminales (**André, 1997**).
- Plus de la moitié du stock de carbone d'un écosystème forestier est compris dans le sol (49 %) et la biomasse souterraine (11 %), et seulement 41 % dans la biomasse aérienne.
- Au sein de ces compartiments, certains éléments ont un rôle de stockage de carbone (sol, tronc, branches grosses racines, humus), alors que d'autres interviennent plus spécialement dans les processus de transformation des formes du carbone (litière, feuilles, brindilles, racines fines)
- Un écosystème forestier est considéré comme un puits de carbone lorsqu'il séquestre dans sa biomasse et ses sols (organiques et minéraux), des quantités de Carbone organique

supérieures aux flux de CO<sub>2</sub> émis par la respiration du sol ou les feux de forêt (Apps et al., 2006).

### 2.3. Le carbone de sol forestier

Les sols forestiers constituent un important réservoir de carbone organique qui, advenant un réchauffement climatique ou à la suite du déboisement, peut devenir une source importante de CO<sub>2</sub>, ce qui entraînerait une augmentation de l'effet de serre et, par conséquent, du réchauffement de la planète. Le sol constitue un réservoir important de carbone organique (C<sub>org</sub>) dans les écosystèmes terrestres, puisqu'il contient de deux à trois fois plus de C<sub>org</sub> que la végétation (Schlesinger 1986). Toutefois, advenant un réchauffement climatique (Makipaa et al. 1999) ou à la suite du déboisement (St-Laurent et al. 2000), le sol peut devenir une source importante de CO<sub>2</sub> et contribuer à son tour au réchauffement climatique, à cause d'une décomposition accrue de la matière organique du sol. Même de petites pertes de C<sub>org</sub> du sol pourraient augmenter significativement la concentration de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère.

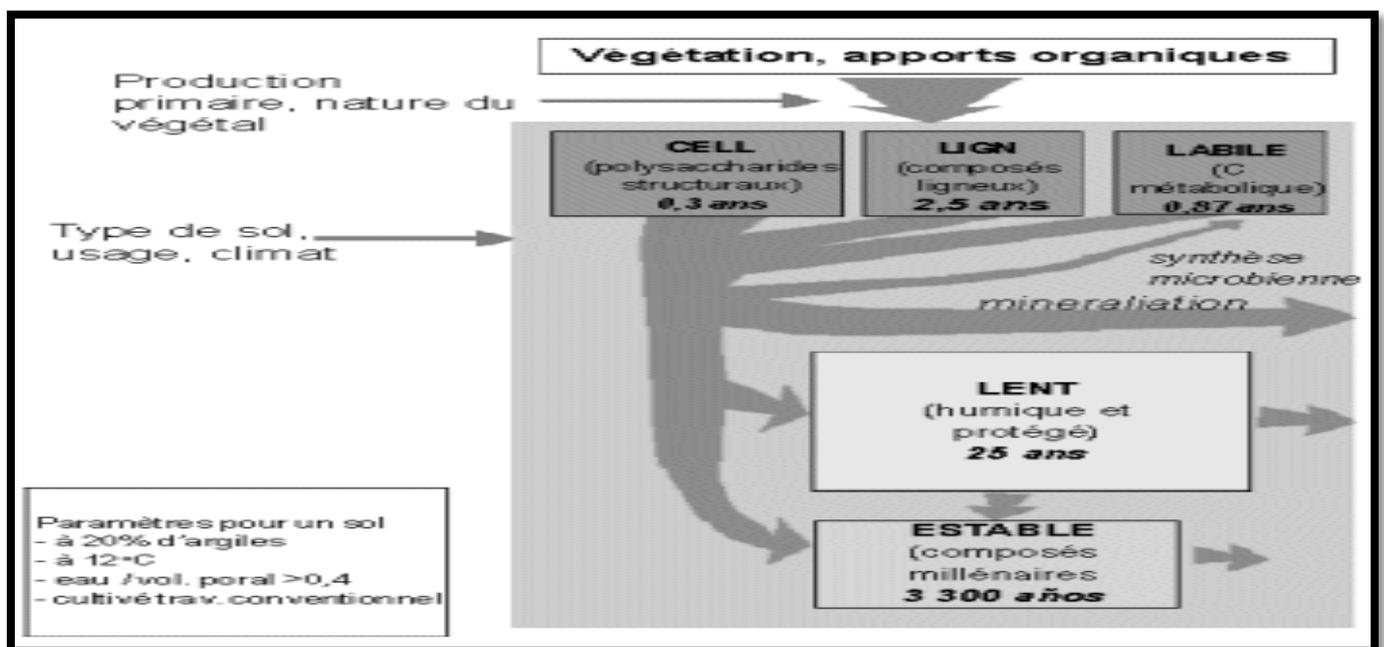


Figure 09 : Modèle de la dynamique du carbone dans le sol (d'après Balesdent et al., 2000)

### 2.4. Le rôle de carbone organique du sol

La minéralisation du carbone organique du sol avec comme résultante la production de dioxyde de carbone ont un important effet sur le cycle du carbone et le fonctionnement de l'écosystème terrestre (**Jenkinson et al., 1991; Valentini et al., 2000; IPCC, 2008**).

Le carbone organique du sol est un indicateur de la fertilité et de la qualité des terres arables (**Abro et al., 2011**). Il a une première importance dans le cycle des nutriments, l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, de la productivité des cultures et dans la réduction des gaz à effet de serre (**Bhattacharyya et al 2009**).

En effet, le rapport C/N est un indicateur de la fertilité des sols et l'évaluation de l'équilibre entre le carbone et l'azote (**Zhang et al, 2011 ; Ge et al. 2013**). Quand bien même que le carbone et l'azote à eux seuls ne reflètent pas.

La teneur du sol en carbone dépend des principaux facteurs à long terme de la formation du sol, mais elle peut être fortement modifiée, dégradée ou améliorée par les changements d'utilisation du sol et la gestion du sol (**FAO, 2002**).



## *Partie 02 : Étude expérimentale*

---

## 1. L'Histoire de la forêt de Bainem

A l'instar des forêts algériennes, la forêt de Bainam a subi de nombreuses violations pendant la période coloniale, bien qu'elle ait été une source qui répond à ses besoins en bois, en nourriture et même en plaisir, elle l'a détruite à des fins coloniales. En 1854 le massif à été déclaré propriété d'état par le gouvernement colonial ; des reboisements ont été entrepris à partir 1868 principalement à base de pin d'Alep, d'Eucalyptus et de chêne liège à proportion égale. Selon **Boudy (1955)** la forêt domaniale de Bainem était constituée de chêne liège et pin d'Alep.

D'après **R.Teulieres (1995)** cité par **Ait Ben Amar Et Ahriz (1982)** un vaste incendie a dévasté cette forêt, La forêt de Bainem fut ciblée par une quarantaine d'incendies ; détruisant près de 200 ha entre 1868 et 1956 et dont le plus destructeur était celui 1956 ou la totalité de la forêt a presque été ravagée (**Bechkok ,1978**), puis un arboretum de 50 ha a été créé en 1956 (**Bakiri 1980 In Mammani 1998**). En 1957/1958 ; des travaux de reboisement sur banquettes ont été réalisés. Les principale espèces utilisées sont ;

Les eucalyptus sur (174 ha) dont notamment ; (*E. cladocalix* ; *E.leucoxydon* ; *E. Paniculata* ; *E.bicostata* ) ,Et les pin sur (75 ha ) dont notamment ; (*Pinus canariensis* ; *pinus maritima* ; *pinus pinaster* )., Le pin d'Alep constitue l'espèce autochtone .

*Quercus suber* et *Quercus coccifera* représentent les chênes de cette forêt .comme espèces de sous-bois et /ou de maquis on peut citer, le lentisque, l'oléastre, le diss, la bruyère arborescente, la lavande, les ronces, le ciste, la phyllaie, ect...

-Décret n° 81-348 du 12 décembre 1981 portant création de l'institut de recherche forestière (**I.N.R.F**). Ce dernier constitue la seule Institution favorisant l'expérimentation en matière de forêt a pour objet d'organiser et effectuer tous les travaux de recherche et expérimentation forestière.

# Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

-Décret exécutif n° 95-212 du 8 Rabie El Aouel 1416 correspondant au 5 août 1995 portant rattachement de la forêt de Bainem au domaine national forestier

La forêt de Bainem, est actuellement sous la tutelle de la conservation des forêts d'Alger.

## 2. Le milieu physique

### 2.1 La description de la zone d'étude

C'est un ensemble de collines entre 80 et 500 m d'altitude représentant les contreforts ouest du massif de la ville de Bouzaréah. Outre son intérêt comme biotope naturel exceptionnel et espace socio-culturel et de détente, la forêt de Bainem joue un rôle vital pour la protection contre l'érosion hydrique des infrastructures et agglomérations situées sur la côte en aval. Cette fonction à elle seule en fait un site des plus sensibles de toute la zone côtière algéroise. **(Djelloul, 2012).**

C'est un espace d'accueil pour les sorties pédagogiques et un site privilégié pour la réalisation de nombreux programmes de recherche universitaires de la région algéroise **(USTHB, INA d'El-Harrach, ENS, Université de Blida, etc.)**.

L'Institut National de Recherche Forestière **(I.N.R.F)**, qui a son siège dans la forêt, développe également des activités de recherche sur de nombreux thèmes de la foresterie (sylviculture, aménagement, écologie, dendrométrie, amélioration génétique, entomologie, SIG, etc.).

### 2.2 La situation administratives

La forêt domaniale de bainem est attachée à la wilaya d'Alger, à la daïra de rais hamidou et à la commune de Hammamet. Administrativement ; la forêt de Bainem dépend de la conservation d'Alger, de la circonscription et du district Bainem.

Elle est limitée **(Fig.10)** :

- Au nord, par mer méditerranée ;

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

- Au sud, par la commune de Béni messous ;
- à l'est, par la commune de Bouzaréah ;
- à l'ouest par la commune d'Ain bénian

### 2.3 La situation géographique

La forêt de Bainem s'étend sur 504 ha près de Bains Romains. (Djelloul, 2012). Elle est située à 15 km à l'ouest d'Alger, en position littorale à moins de 1 kilomètre de la mer méditerranéenne, le point culminant de la forêt atteint 320m.

Les coordonnées géographiques de la zone d'étude sont :

- 2°56'913'' à 2°59'925'' de longitude Est
- 36°46'933'' à 36°49'345'' de latitude nord.



Figure 10 : la carte géographique de forêt de Bainem réalisé par (Google Earth, 2020)

## 2.4 L'étude climatique

Comme le souligne **Thinthoin (1948)**, le climat est un facteur déterminant qui se place en amont de toute étude relative du fonctionnement des systèmes écologiques. A ce sujet, **Emberger (1939)** précise que les données écologiques, et en particulier bioclimatiques, influent considérablement sur l'individualisation de la végétation, ils sont directement responsables de la répartition et du développement des plantes.

Les caractéristiques essentielles qui servent à différencier les climats sont les températures et les précipitations qui sont en effet, les facteurs influant le plus sur la végétation (**Boudy, 1952 ; Quezel, 1976**) affirme que certaines auteurs distinguent les climats à partir de ces deux paramètres.

L'Algérie, qui est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente au nord un climat de type méditerranéen extra tropical tempéré. Pour caractériser le climat de notre zone d'étude nous avons exploité les données météorologiques de la station de Dar el Baida, ces données s'étalent sur une période de 9 ans durant la période 2006-2015

### 2.4.1 Les précipitations

D'après **Aimé(1991)** le facteur hydrique global que constituent les précipitations est le principale responsable des conditions de vie et donc de la répartition des grandes séries de végétation.

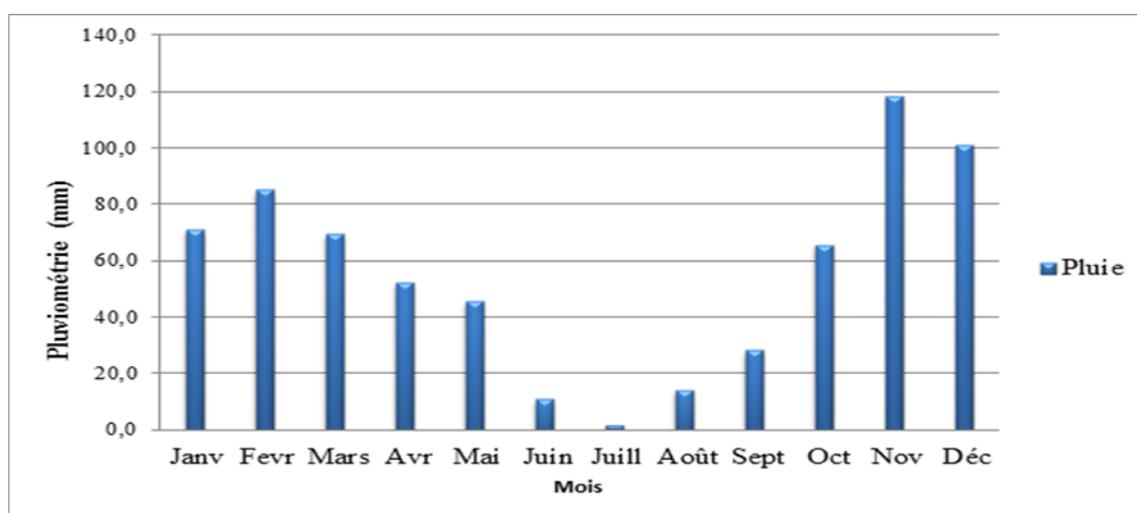
**Djebaili (1978)**, définit la pluviosité comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. En effet, celle-ci conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal d'une part, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'autre part.

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la région de Bainem enregistrées durant la période (2006-2015) sont réunies dans la (**figure 11**).

**Tableau N 1 : les précipitations moyennes annuelles de forêt de bainem pour la période 2006\_2015**

mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	déc
Précipitation	70 ,8	85 ,14	69,3	52,00	45,5	10, 8	1,6	13,9	28,1	65,5	118,2	100,8
mm												

Source O.N.M. 2006\_2015



**Figure 11 : les pluviométries de la Forêt de Bainem (2006-2015) selon l'ONM.**

Les précipitations moyennes annuelles atteignent les 661,6 mm. La figure indique que les pluies s'affaiblissent entre le mois de juin (P=10,8 mm) à juillet (P= 1,6mm), par contre novembre (118,2m m) et décembre (100,8mm) sont les mois les plus pluvieux. **Tableau N 1**

### 2.4.2 Les Température

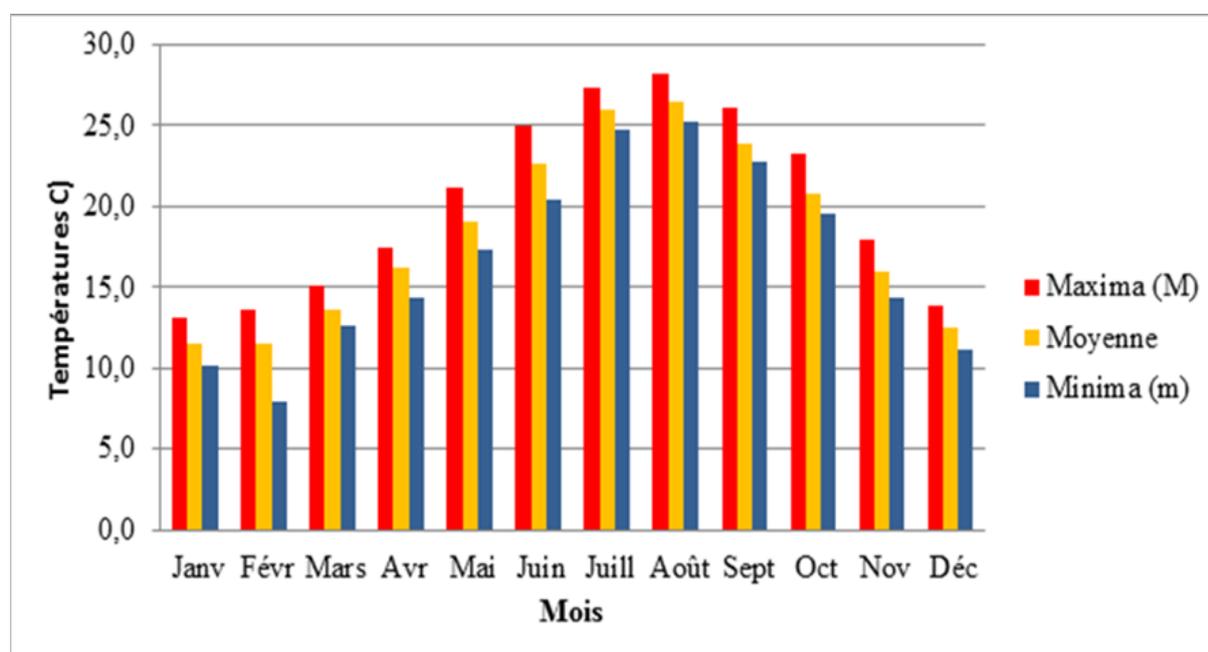
Les valeurs des températures enregistrées dans la Forêt de Bainem durant la période 2006-2015 sont représentées par la (figure 12).

T en °C : Températures moyennes mois par mois en degrés Celsius.

**Tableau 02 : les températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la forêt de bainem la période 2006\_2015**

	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aou	sep	oct	nov	déc
maxima	13,1	13,6	15 ,1	17,5	21,1	25,00	27,4	28,2	26,1	23,3	17,9	13,9
minima	11,5	11,5	13,6	16,2	19,1	22,6	26,00	26,5	23,9	20,8	16,0	12,8
moyenne	10,1	7,9	12,6	14,3	17,3	20,4	24,8	25,2	22,8	19,6	14,3	11,1

Source O.N.M. 2006\_2015



**Figure12 : les température moyenne, minimale et maximale de la forêt de Bainem pour la période 2006-2015.**

Il est à noter que les températures dans la région d'Alger en période estivale sont assez tempérées. Dans le cas de notre zone d'étude le maximum est enregistré en août avec 28.2°C et la valeur minimale est relevée en mois de février avec 7.9°C.

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

En ce qui concerne les températures moyennes, elles se situent autour de 12°C en moyenne durant les mois de janvier et février, et atteignent jusqu'à 27°C durant le mois d'août.

- Les températures minimales et maximales augmentent progressivement de Janvier (m= 10 C° et M=13C°), jusqu' en mois de août (m=25 C° et M=27.5°).
- La température du mois le plus froid dans notre zone est égal à 7,5C°, celle des Maxima du mois le plus chaud correspond à 27,5C°. **Tableau 02**

### 2.4.3 La Synthèse bioclimatique

A partir des données des températures et des précipitations nous pouvons faire une synthèse climatique. Le but de l'étude bioclimatique est de situer la zone d'étude dans un étage bioclimatique approprié à partir du climagramme d'Emberger(1955) et la détermination de la période sèche par l'intermédiaire des diagrammes ombrothermiques de (**Bagnouls et Gausсен ,1953**). Pour cela deux paramètres principaux ont été retenus, à savoir les précipitations, et les températures .Les deux synthèses climatiques les plus utilisé pour illustrer le climat de la région méditerranéenne sont : le diagramme ombrothermique de **BAGNOULS Et GAUSSEN** et climagramme **d'EMBERGER**

#### a. Diagramme ombrothermique

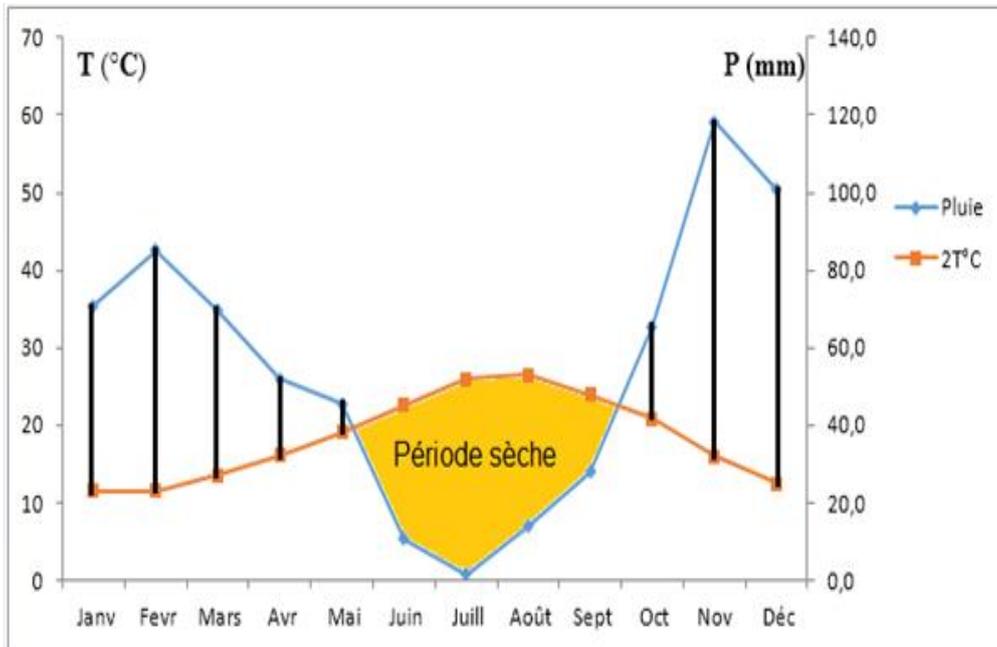
Les diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен (1953) permettent de Comparer l'évolution des valeurs des températures et des Précipitations à l'aide de deux Courbes respectives ; leur intersection détermine la durée de la saison sèche.

D'après **BAGNOULS et GAUSSEN ;( 1953)**, un mois est considéré comme étant sec lorsque le totale des précipitations **P** exprimé en mm ; est égal ou inférieur au double de la température moyen **T** ; du mois, exprimée en degré Celsius.  **$P \leq 2T$**

Selon **Houeroun 1959**, la saison sèche est par définition celle ou se manifestent ; pour la plus par des plantes, des conditions de stress hydrique plus ou moins intense et plus ou moins continu Sur cette base, nous avons construit le diagramme ombrothermique à partir des donnés de la région pour

# Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

la période considérée, allant de 2006 à 2015. (Figure 13)



**Figure 13 : le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Bainem pour les périodes 2006 - 2015**

L'examen du diagramme ombrothermique montre que la durée de la saison sèche s'étalant sur une période de quatre mois de la mi-mai jusqu'à la fin septembre et 2 périodes humide de janvier à la mi-mai et de la fin de septembre jusqu'à décembre.

## b. Quotient pluviométrique et climagramme d'EMBERGER

Emberger (1942) a établi un quotient pluviométrique « Q2 » qui est spécifique au climat méditerranéen. Il est le plus utilisé en Afrique du Nord. Le diagramme correspondant permet de déterminer la position de chaque station météorologique et de délimiter l'aire bioclimatique d'une espèce ou d'un groupe végétale. Ce quotient a été formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 P}{\frac{(M - m) \cdot (M + m)}{2}} = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

P : moyenne annuelle des précipitations (mm).

M : moyenne des maxima thermiques du mois le plus chaud en

m : moyenne des minima thermiques du mois le plus froid en

M – m : Amplitude thermique.

M et m s'expriment en degrés Celsius.

La valeur  $\frac{M+m}{2}$  du fait de son expression en degrés Kelvin varie peu ; (Stewart, 1969) l'assimile à

une constante  $K=3.43$ , d'où le quotient  $Q = 3.43 \frac{P}{M-m}$

M et m s'expriment en degrés Celsius (Stewart ,1969) a montré que les valeurs du Q3 et celles

Obtenues par la formules du Q2 sont très peu différents : l'erreur maximale est inférieure à 2%.

- P = 661,6 mm
- M = 28,2 C°
- Q2=111.7
- m = 7,9 C°

La valeur du Q2, représenté par l'axe des Y, et les valeurs des températures minima du mois la plus froide abscisse permettent de positionner la région de Bainem sur le climagramme d'Emberger dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud. (**Figure 14**)

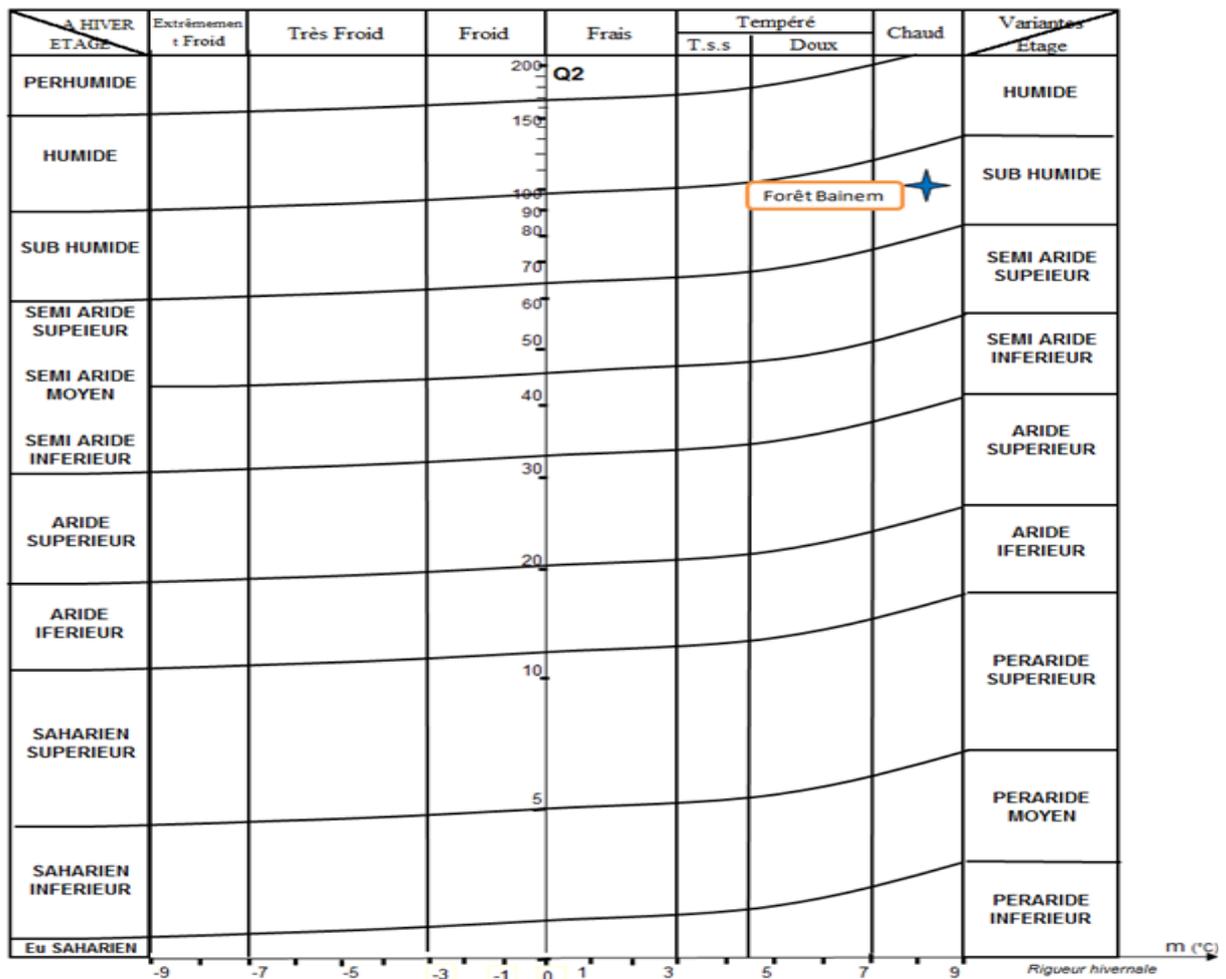


Figure 14 : la situation de la forêt domaniale de Bainem dans le climagramme d'Emberger.

## 2.4.4 Autres paramètres climatiques

D'après **Kadir (1974)** ; les risques importantes de grêle sont à craindre aux mois de décembre Selon **Meddour (1981)** ; les chutes de neige sont très rares sur la région littoral mais quand elles tombent elles causent de gros ; c'est pendant le mois de mars que les orages à grêle sont les plus fréquemment observés ; janvier ; février et mars ou les températures descendent au-dessous de 3°C.

Par ailleurs, les vents sont fréquents et souvent violents, les vents dominants soufflent de l'ouest pendant 10 mois et sont direction sud-ouest entre novembre et décembre.

(Meddour 1983, Bellili 1981) souligne que le degré d'exposition à un vent est un important facteur climatique local à prendre en considération ; il consiste un obstacle au bon développement des essences forestières.

Quant au sirocco ; ce vent chaud ne représente un risque que pour certaines essences et ce en raison estival lorsque les températures sont exceptionnellement élevées  $43^{\circ}$ \_ $45^{\circ}$  (Kadik, 1974).

### 2.5 La Pédologie

En utilisant la classification française ; **Ahriz Et Ait Benameur 1993**, en regroupe les sols de la forêt de Bainem en quatre catégories présentées ci-dessous :

- **Classe des sols à sesquioxydes de fer dit sol rouges fersiallitique** Et supportent en grande partie la strate arborescente de la forêt ; ils sont rare dans l'ensemble mais dominants dans la forêt de Bainem .Ces sols se caractérisent par un profil épais avec au moins quatre horizons une texture limono\_ argileuse une tendance à l'acidité et une teneur variable de matière organique en fonction des horizons.
- **Classe des sols peu évolués** dont les sols peu évolué d'érosion lithique sur les pentes et les ravins, avec une faible épaisseur du profil, au maximum deux horizon avec une teneur faible en matière organique et un PH en fonction de la végétation environnante et la nature du matériau parental .Les sols peu évolué d'apport colluvial en surface ou en bas fond souvent supporte une végétation élective des milieux rocheux et pauvre
- **Classe des sols minéraux bruts** lieux d'affleurement de la roche à faible pédogenèse et à faible couverture végétale
- **Classe des sols brunifiés** à pédogenèse sur une roche mère peu acide voire calcaire, les plus riche en matière organique et supportent des belles strates arbustives et herbacées

### 2.6 La Géologie

Selon **Dachary 1967**, les sols de la forêt reposent sur des roches mères qui peuvent être divisées en deux groupes

- Les roches mères calcaires rares
- Les roches non calcaires dominantes

## 2.7 Le Réseau hydrographique

Selon **Bakiri 1980** Et **Oubouchou 1984**, il n'existe aucune source d'eau sur toute l'étendue de la forêt. Des sources auraient existées avant l'introduction des eucalyptus et auraient été desséchées par ces essences, quelques oueds prenaient naissance dans le massif de Bainem telle que : les oueds Djerrdah, Melah Et Dartgouiss.

## 2.8 La Topographie

Selon **Ait Benamer Et Ahriz (1993)**, le relief est très hétérogène et assez accidenté ou la surface au sommet et plus ou moins adoucie avec une altitude de 280m

Le point le plus bas étant 60m (altitude la plus basse de la forêt)

De manière globale, les versants présentent un relief convexe \_ concave pente abrupte

Le versant ouest est moins accidenté avec des pentes irrégulières (15 \_ 20%), l'altitude varie entre 100 et 290m.

## 3. Le Milieu biologique

### 3.1 La végétation

La végétation originelle de la région de Bainem était constituée d'une pinède à *Pinus halepensis*

Sur 261 ha et d'une subéraie à *Quercus suber* sur 153 ha (**Queney, 1938**).

La végétation de la forêt de Bainem est formée de trois strates : arborescente ; arbustive ; herbacée

#### ✓ **Strate arborescente**

Cette strate est composée essentiellement de différentes espèces d'eucalyptus qui sont des plantations artificielles occupant la plus grande superficie dans cette strate, parmi ces eucalyptus on trouve de nombreuses essences, telle que : *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus gomphocephala*,  
, *Eucalyptus cladocalix* et *Eucalyptus leucoxylon*.

# Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Concernant le genre *Pinus*, il existe le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) qui constitue une forêt naturelle, avec la présence du pin maritime (*Pinus pinaster*) et le pin de Canaries (*P. canariensis*).

La présence de quelques pieds de chêne liège (*Quercus suber*), essence relique de la zone d'étude, marque l'existence antérieure de la subéraie.

## ✓ **Strate arbustive**

Le sous-bois est plus au moins dense en fonction de la topographie, il est constitué principalement par ; des jeunes plants de pin d'Alep qui est aux stades fourré et gaulis.

- *Ampelodesmos mauritanicus* (le diss).
- *Lavandula stoechas* (la lavande).
- *Rubus imifolius* (la ronce).
- *Erica arborea* (la bruyère arborescente).
- *Pista cialentiscus* (le lentisque).
- *Olea europaea* (l'olivier).
- *Phillyrea angustifolia* (la filaire).
- *calicotomes pinosa* (le calycotome).
- *Myrtus communis* (le myrte).
- *Cistus monspeliensis* (le ciste de Montpellier).
- *Quercus coccifera* (le chêne kermès).
- *Arbutus unedo* (l'arbousier).

## ✓ **Strate herbacée**

Cette strate est réduite à cause de l'importance de sous-bois qui couvre le sol, les espèces rencontrées occupent donc les clairières appartiennent à différentes familles parmi les nous pouvons citer :

*Dactylis glomerata*,

- *Bromus rubens*,

- *Plantago lanceolata*,

- *Lavatera maritima*,

- *Oxalis cernua*,

- *Galactite stomentosa*

- *Daucus carota*,

- *Gladiolus segetum*,

- *Avena sterilis*,

- *Erodium moschatum*

### 3.2 La faune

La faune de la forêt de Bainem est relativement bien connue. Avec près de 100 espèces inventoriées, la faune ornithologique est la plus étudiée grâce à de nombreux travaux notamment ceux de **(Hamadi, 1998)**.

Selon la direction générale des forêts, la faune existante au niveau de la forêt de Bainem est constituée de mammifères représentés principalement par sanglier et le chacal, qui peuvent occasionner des dégâts au niveau des jardins potagers des riverains

L'avifaune forestière représentée par 12 familles, à savoir :

- les turdidae avec cinq espèces : le rouge gorge, le merle noir, la rouge queue, la grive musicienne et le rossignol philomèle.
- les fringilidae, avec quatre espèces : le verdier d'Europe, le pinson des arbres, la serin cince et le chardonneret élégant.
- les Musicapidae, avec deux espèces, le gobe-mouche gris et le gobe-mouche noir.
- les paridae, avec la mésange bleue et la mésange charbonnière.
- les Caerthidae représentée par une seule espèce, le grimpeur des jardins.

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

- les Ploceidae, avec une seule espèce, moineau domestique.
- les picidae, représentée aussi par une seule espèce, le torcol.
- les sylvidae, avec trois espèces, la fauvette à tête noire, le pouillot véloce et la fauvette des jardins.
- les motacilidae, avec trois espèces : le pipit des arbres, la bergeronnette des ruisseaux et la bergeronnette grise.
- les apodidae avec le martinet noir et le martinet pâle.
- les Sturdidae, avec l'étourneau sansonnet.
- les Pycnotidae, avec le bulbul des jardins.

La zone d'étude possédait un patrimoine ornithologique riche et diversifié, mais aujourd'hui

Le nombre de ces oiseaux a fortement diminué à cause de la chasse illégale pratiquée

Clandestinement par les riverains (**DGF., 2010**).

## Chapitre II : Matériel et méthode

Pour mener cette étude expérimentale visant à déterminer la quantité de carbone de litière forestière dans la forêt de Bainem, nous avons dû passer par deux opérations consécutives qui ont été effectuées sur le terrain et en laboratoire. Sur le terrain, ce sont les prélèvements des échantillons de la litière. Au laboratoire, les échantillons ont été séchés puis soumis aux principales analyses physico-chimiques. Ces analyses ont été effectuées simultanément au laboratoire pédologique de l'institut nationale de recherche forestier 'I.N.R.F'.

### 1. Travaux de terrain

#### 1.1. Parcelles expérimentales

Une parcelle d'un demi-hectare a été choisie pour conduire cette étude, à une altitude de 260 m et le pin d'Alep d'arbre dominant (**fig.15 a ; b**). Leurs limites ont été localisées géographiquement à l'aide d'un GPS afin de faciliter leur cartographie. (**Annexe 02**)



**a-**



b-

**Figure 15 : (a ; b) la Parcelle expérimentale (foret de pin d'Alep) (original ; 2020)**

### 1.2.L'échantillonnage

L'échantillonnage de la litière a été effectué durant le mois de Décembre 2019 et jusqu'en mars 2020. Pour l'estimation du stock de carbone dans la litière, huit carrés d'une superficie de **1 m<sup>2</sup>** espacés de 10 m les uns des autres, ont été installés aléatoirement à l'intérieur de parcelle selon des transects (**Annexe 02**). Puis la litière se trouve dans chaque quadrat a été collectée. Nous avons procédé le prélèvement sur 2 couches ; litière et fermenté.

- La première couche de surface sèche et d'apparence composée de brindilles, de feuilles ...
- La deuxième couche, qui semble moins rugueuse et plus en décomposition, peut être trouvée des champignons de pourriture brune et des champignons de pourriture blanche comme signe du début de la décomposition de la litière. Au cœur du prélèvement, les échantillons étaient mis dans des sachets en plastique avec étiquettes, chaque échantillon doit être clairement identifié par une référence T<sup>n</sup> P<sup>n</sup> C<sup>n</sup> (**fig.16**)

T : transects ; P : point ; C : couche



Figure16 : le mode d'échantillonnage (original ; 2020)

## Chapitre II : Matériel et méthode

### 1.3. Matériels utilisés

- Carre de 1m<sup>2</sup>
- Râteaux
- Des sachets en plastique pour conserver les échantillons.
- Des étiquettes.
- Un feutre
- Un GPS (global positioning system).



Figure17 : les matériels utilisés dans le terrain (original ; 2020)

## Chapitre II : Matériel et méthode

### 2. Travaux de laboratoire

#### 2.1. La Préparation de la litière

À l'arrivée au laboratoire, nous pesons les échantillons, les soumettons à 3 étapes de traitement et sommes prêts à effectuer un ensemble d'analyses Physiques, chimiques **Annexe 02**

- **Le séchage** : à l'étuve à 65°C pendant 48h (**fig.18**)



**Figure 18 : le séchage de la litière à l'étuve (original ; 2020)**

- **Le broyage** : Une fois les échantillons sont secs. Ils sont broyés. (**fig.19**)



**Figure 19 : le broyage (original ; 2020)**

- **Le tamisage** : Les échantillons sont passés au tamis de 0.5mm, avant l'analyse (fig.20), ils sont par la suite conservés dans un endroit sec. (annexe02)



**Figure 20 : le tamisage (original ; 2020)**

### 2.2. Les analyses physiques et chimiques

Le but de ces analyses est de mettre en évidence certaines caractéristiques physico-chimiques afin de pouvoir définir l'incidence du paramètre "pédologie" sur l'individualisation de la végétation.

D'établir la relation existant entre la variation de la teneur en matière organique des deux couches de litière et leur appartenance aux ordres pédologiques.

#### 2.2.1. Les analyses physiques

- **L'humidité (séchage à l'étuve 105°C).**

La méthode gravimétrique, ou méthode par séchage à l'étuve à 105°C, consiste à prélever un échantillon de la litière et fermenté à étudier, à peser sa masse à l'état humide puis à l'état sec après passage à l'étuve à 105°C et d'en déduire le taux de l'humidité dans l'échantillon, en utilisant cette formule :

$$H (\%) = [\text{poids (humide)} - \text{poids (sec)} / \text{poids (sec)}] * 100$$

## Chapitre II : Matériel et méthode

- **La matière organique (méthode Perte en feu) MO**

Le contenu en matière organique des sols a été déterminé par des analyses de perte au feu (PAF). La méthode utilisée est adaptée des travaux de **Konen et al. (2002)** et permet d'obtenir des résultats en pourcentage de matière organique mais non en unité volumétrique. La même chose que nous faisons pour mesurer le taux de matière organique dans la litière. (**Annexe 01**).

Enfin, on applique la formule suivante :  $MO(\%) = \frac{(\text{poids}(105^\circ) - \text{poids}(600^\circ))}{\text{poids}(105^\circ)}$



**Figure 21 : Une balance a précision pour peser les échantillons (original ; 2020)**



**Figure 22 : une photo de four a moufle (original ; 2020)**

## Chapitre II : Matériel et méthode

Une étape de transition entre le four et la balance :



**Figure 23 : les échantillons à l'intérieur d'un cristalliseur (original ; 2020)**



**Figure 24 : un échantillon de la litière avant et après la sortie de four a moufle (original ; 2020)**

- le carbone organique :

.On déduit le carbone à partir de matière organique par la formule :

$$MO\% = 1.72 * C\%$$

Donc le carbone = matière organique / 1.72

## Chapitre II : Matériel et méthode

### 2.2.2. les analyses chimiques :

- **Mesure du pH :**

Le pH : c'est la concentration en ions  $H^+$  libres existant dans une solution à un instant donné (acidité actuelle). Il exerce un effet direct sur l'activité microbienne du sol ainsi que sur la biodisponibilité des nutriments, à travers des phénomènes de solubilisation et d'insolubilisations propres à chaque élément (ITAB, 2002). En particulier, un pH acide peut bloquer la disponibilité d'éléments minéraux tels que le phosphore (Boyer 1982).

La mesure du pH Par l'utilisation de la méthode électrométrie qui est basé sur la loi de NERNST ; (Annexe 01) consiste à mesurer la concentration des  $H^+$  présents dans la solution à l'aide d'un pH-mètre à électrodes.



**Figure 25 : les échantillons Placés dans l'agitateur (original ; 2020)**



**Figure 26 : la filtration des solutions (original ; 2020)**



**Figure 27 : l'analyse du PH par le pH mètre (original ; 2020)**

- **La conductivité électrique (Mesure au conductimètre)**

On mesure donc la conductivité électrique C.E à l'aide d'un appareil appelé conductimètre sur extrait obtenu à partir d'un échantillon de litière (10 g) sec puis dilué dans 50 ml de l'eau distillée le même Protocole que la mesure de ph et dont la valeur dépend de la concentration en sels des solutions du litière (Zerami ; 1993) .(fig28)



**Figure 28 : l'analyse de la conductivité électrique par le conductimètre (original ; 2020)**

- **Dosage de l'azote total (méthode KJELDAHL)**

L'Azote est un des principaux éléments de la nourriture des plantes. Il entre principalement dans la composition de la matière organique. Par l'intermédiaire des litières, le sol bénéficie de quelques centaines de kilogrammes d'éléments minéraux ; l'Azote constitue environ 30% de cet apport (RAPP, 1969). Elles sont représentées par les nitrates, les nitrites et l'ammoniac dont la quantité globale représente les 2 à 3% des réserves totales de l'Azote.

**La méthode utilisée est KJELDAHL-Olsen in Aubert (1967) (Annexe 01)**

### **Principe :**

Le principe général de la méthode KJELDAHL est de transformer l'azote organique en Azote ammoniacal par **l'acide sulfurique** concentré et porté à ébullition, qui agit comme oxydant et qui détruit la matière organique. Le carbone et l'hydrogène se dégagent à l'état de CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O ; l'azote transformé en **ammoniac** est fixé par de **l'acide sulfurique** à l'état de **sulfate d'ammonium**. La transformation de l'azote organique en forme ammoniacale est achevée en présence **d'un catalyseur (Sulfate de Cu et Sulfate de K<sup>+</sup>)** qui rend l'action de **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** plus efficace en augmentant la température d'ébullition. (Fig29 ; 30).

En agissant avec un alcalin sur (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, on substitue l'ammoniac, on le distille dans **l'acide borique**. (Fig. 31)



**Figure 29 : les Solutions dans les matras de kjeldahl (original ,2020)**



**Figure 30 : Les matras dans la rompe d'attaque (original ,2020)**



**Figure 31 : la distillation (original ,2020)**



## *Partie 03 : Résultats et discussions*

---

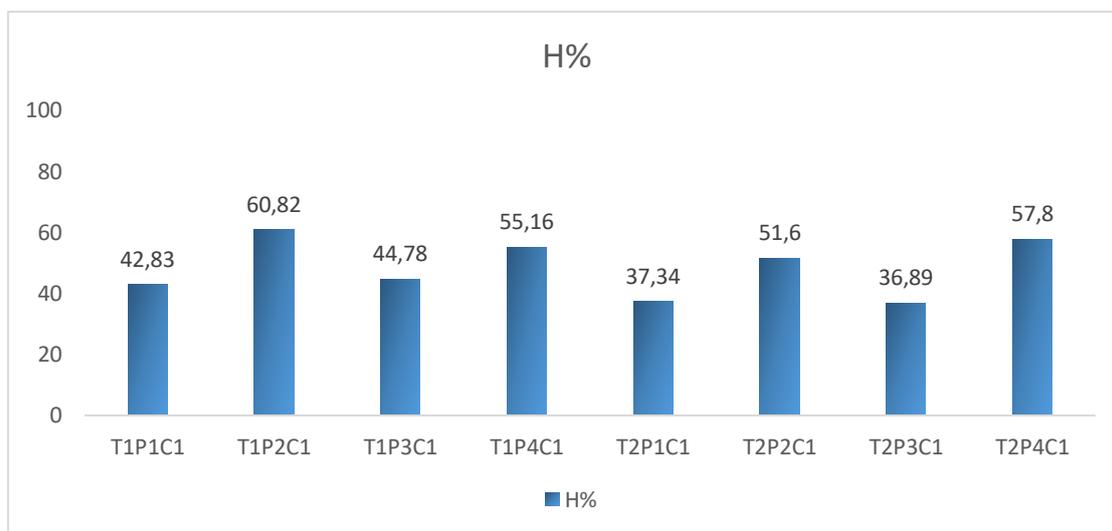
---

## Résultats et discussion

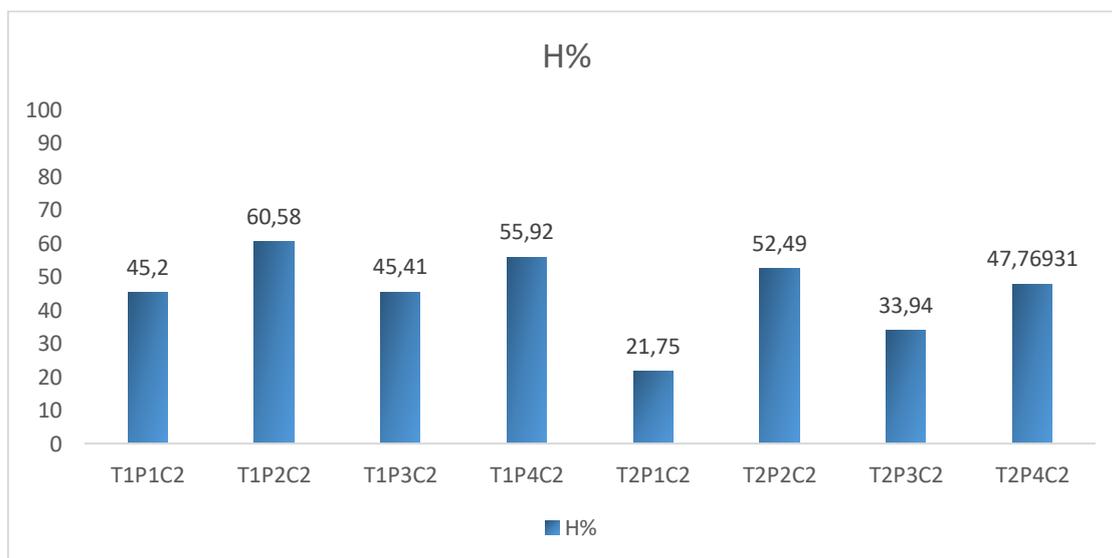
Les résultats des différentes analyses physico-chimiques ont été compilés dans une base de données sur Excel afin de mieux les interpréter.

### 1. Analyses des données statistiques

#### 1.1. Humidité



**Figure N° 32 : La variation de l'humidité en (%) des premières couches des litières des deux transects au niveau la parcelle**



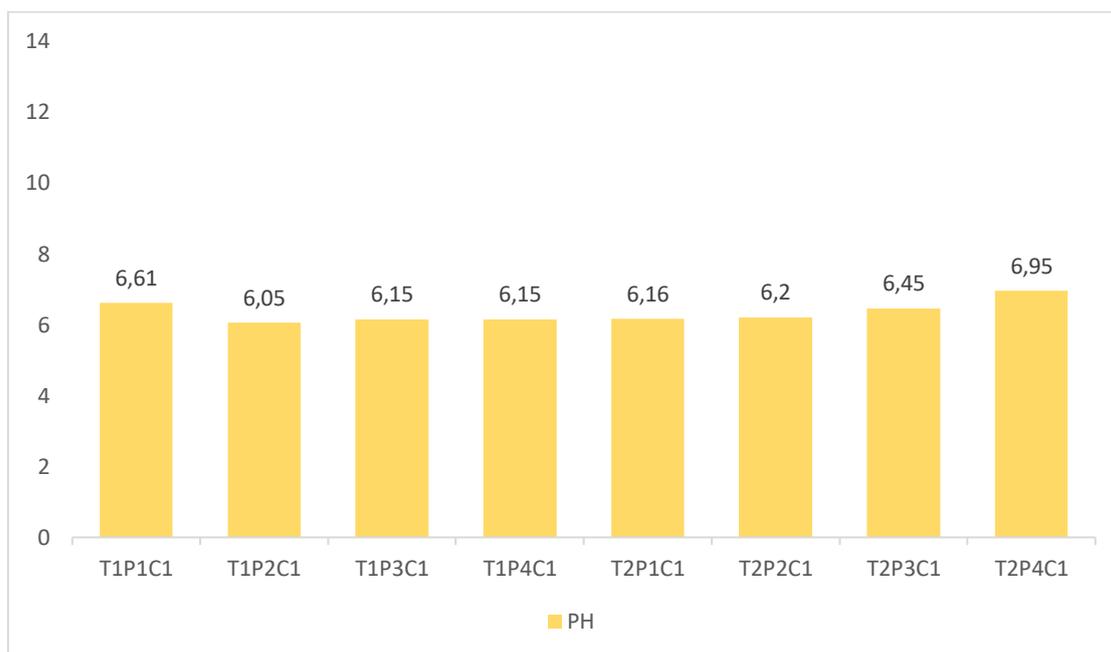
**Figure N°33 : La variation de l'humidité en (%) des deuxième couches des litières des deux transects au niveau la parcelle**

## Résultats et discussion

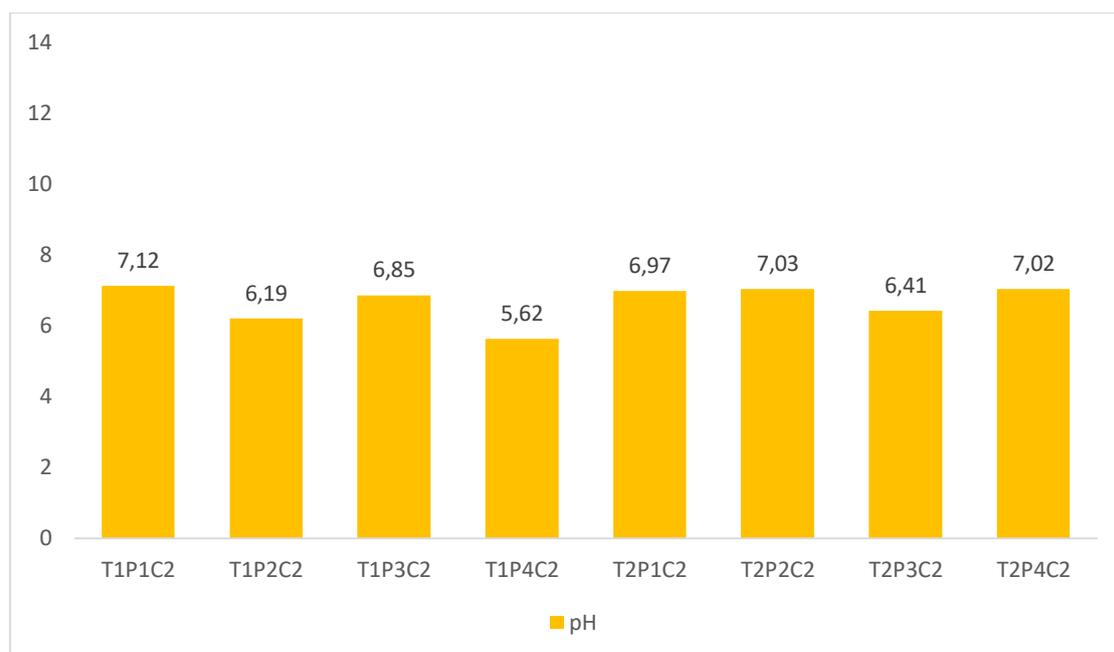
A partir des Figures (32, 33) nous remarquons que le taux d'humidité est presque semblable dans la couche de surface et celle du fermenté avec des valeurs qui varient entre 33% et 60 % ; Cependant elles sont relativement inférieure dans le fermenté ; tout en gardant toujours les pourcentages les plus élevés enregistrés au niveau de premier transecte 60.58% pour (T1P2C2).

Cela s'explique par la capacité de la litière à retenir l'eau. Ainsi que la qualité du sol, L'humidité joue un rôle important dans la dégradation de la litière (Williams Et Gray, 1974) et du bois (Käärik, 1974), dans les meilleures conditions, elle favorise le clivage de la lignine (Dommergues Et Mangenot, 1970). Il semblerait que la présence d'eau soit essentielle pour vraiment activer la décomposition de la litière.

### 1.2.Le pH de la litière



**Figure N°34 : La variation du pH des premières couches des litières des deux transects au niveau la parcelle01**



**Figure N° 35 : La variation du pH des deuxièmes couches des litières des deux transects au niveau la parcelle 01**

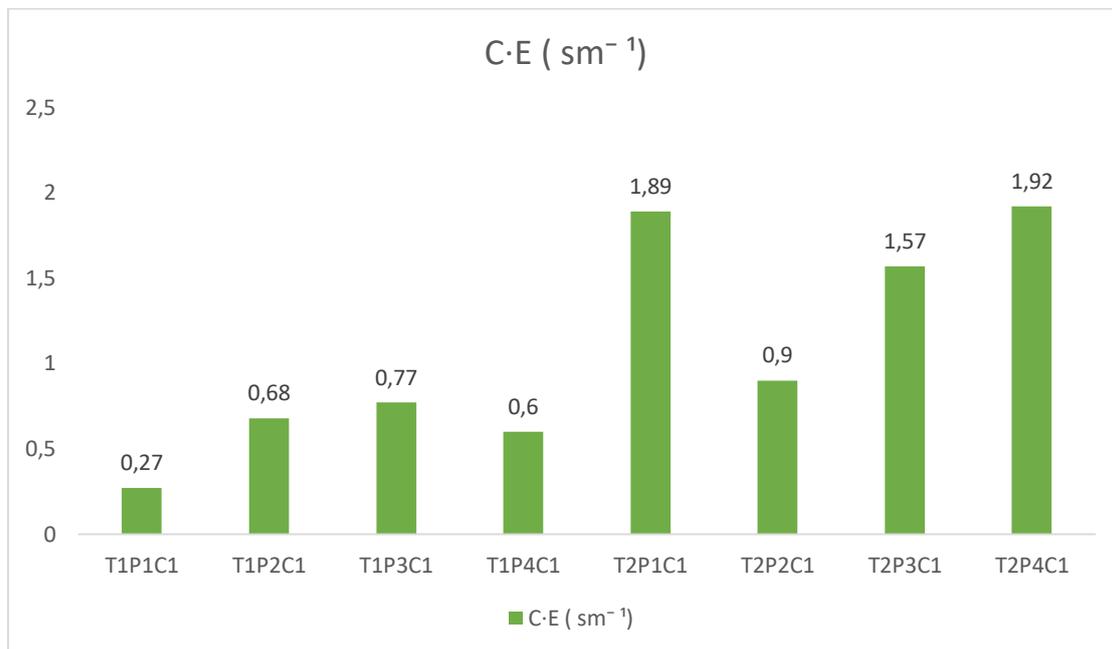
D'après les résultats et selon les diagrammes si dessus (**Fig. 34**) (**Fig. 35**), Nous distinguons clairement que le pH des 1<sup>er</sup> couches (litière) des deux transects est acide (inférieur à 7) (**Annexe 03**), il varie pour la partie litière des deux transects respectivement entre 6.05 - 6.95.

Par contre il est légèrement alcalin pour la partie fermenté du transect 1, Où nous avons enregistré une valeur de 7.12.

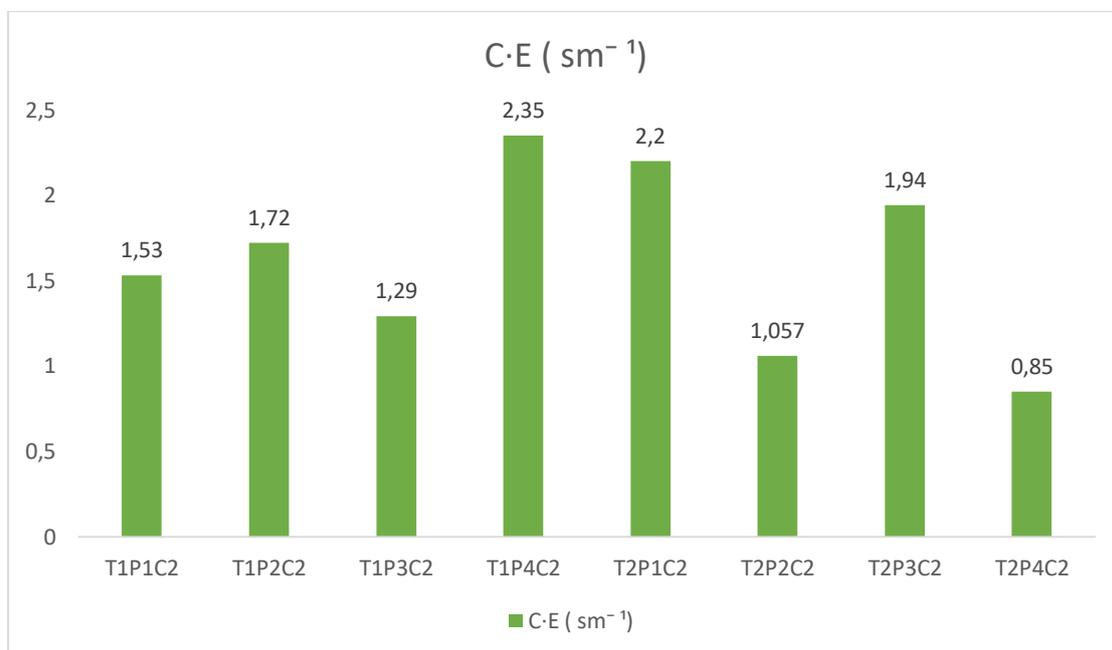
Dans l'ensemble nous constatons une variation peu significative du pH au niveau des deux couches litière et fermenté.

Selon **MUSTIN (1987)**, le pH dépend de la concentration en ions H<sup>+</sup> provenant de l'oxydation du carbone de la matière organique. Ainsi, l'augmentation relative de pH est due à la décomposition progressive de la matière organique au niveau de la deuxième couche.

## 1.3. Conductivité électrique (CE)



**Figure 36 : La variation de la conductivité électrique des première couches des litières en (sm<sup>-1</sup>) au niveau la parcelle 01**



**Figure 37 : La variation de la conductivité électrique des deuxièmes couches des litières en (sm<sup>-1</sup>) au niveau la parcelle 01**

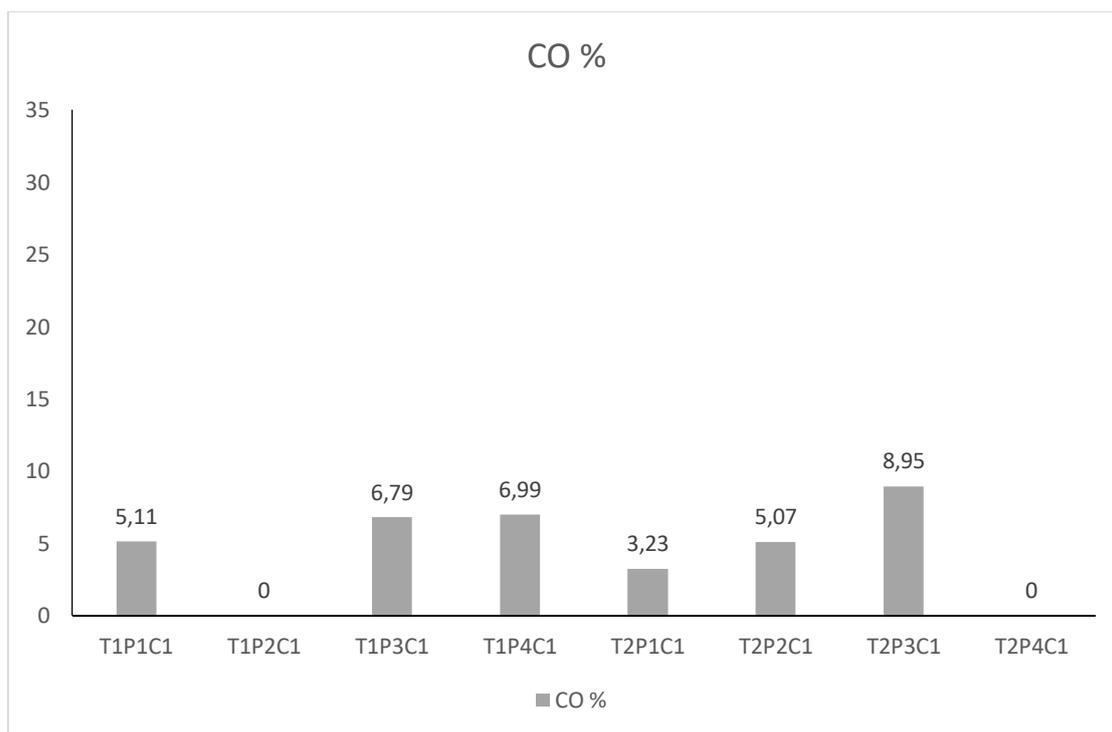
## Résultats et discussion

Les histogrammes ci - dessus (**Fig. 36**) (**Fig. 37**) montre que la conductivité électrique des premières couches (litière), varie entre 0.27 -0.77  $\text{sm}^{-1}$  pour le premier transect, et 0.90-1.92  $\text{sm}^{-1}$  pour le deuxième transect.

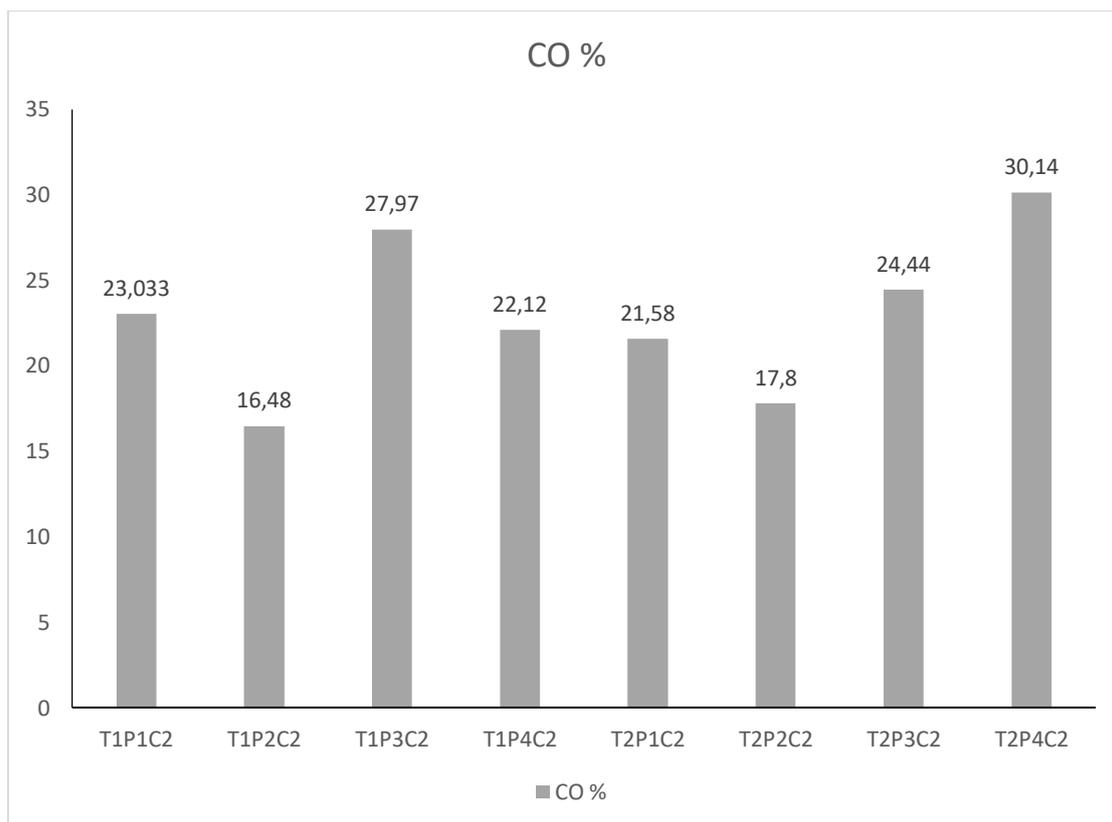
Cependant la valeur de la CE la plus importantes est enregistrée au niveau de la couche de fermenté de premier transects (2.34  $\text{sm}^{-1}$ ) .

La conductivité électrique permet d'obtenir une estimation de la teneur globale en sels dissous ; elle ne s'applique qu'aux terres salées et aux terres à taux de fertilisation très élevé. (**Aubert, 1978**).Ceci s'explique par la présence des plus d'ions et donc une minéralisation qui se déclenche. (**Annexe 03**)

### 1.4.Le carbone organique



**Figure N°38 : La variation du Carbone organique des premières couches des litières des deux transects au niveau la parcelle 01**

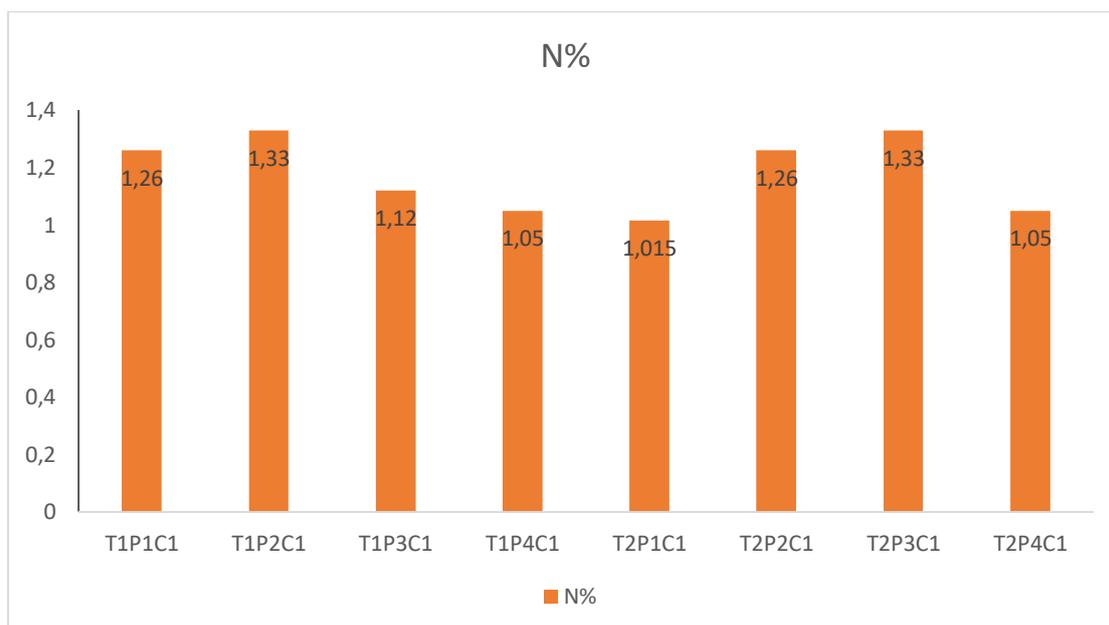


**Figure N° 39 : La variation du Carbone organique des deuxièmes couches des litières des deux transects au niveau la parcelle 1**

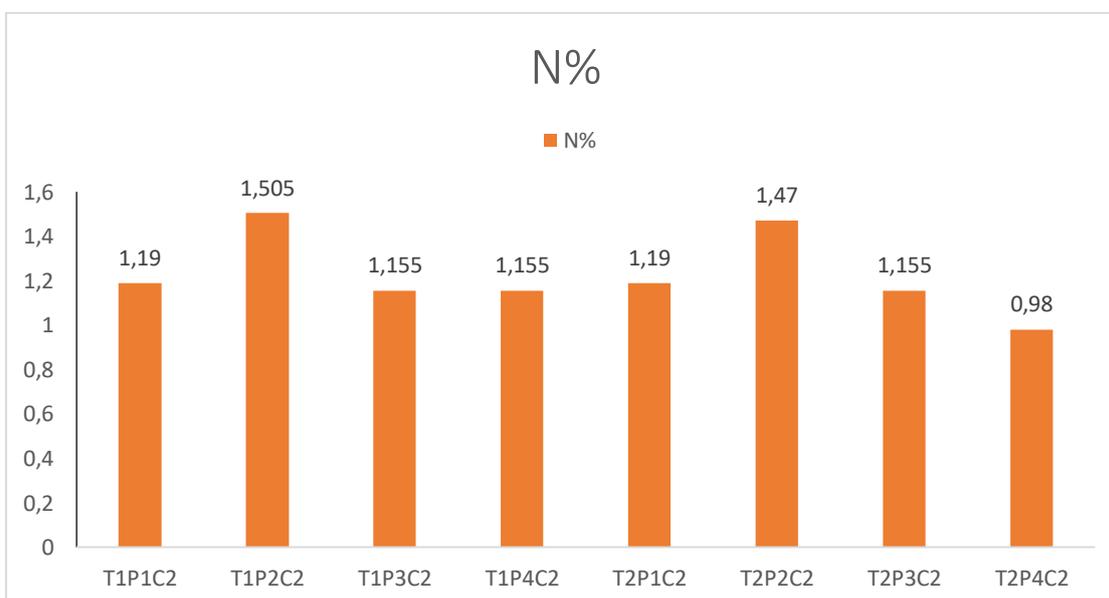
A partir des résultats obtenus et selon les figure (38 ; 39) ; les taux de carbone sont très faible au niveau des premières couches de litière des deux transects, nous avons enregistré une moyenne de 6,02 %. D'autre part les couches fermentées montrent des valeurs plus élevées avec une moyenne de 22,94%.

Les résultats obtenus ci-dessus nous permettent de déduire que le taux de carbone est plus important et remarquable dans les couches fermenté ; Cela indique qu'il y a une quantité importante de matière organique accumulée qui ne s'est pas encore décomposée.

## 1.5.L'Azote de la litière



**Figure N° 40 : La variation d'azote des premières couches des litières des deux transects Au niveau la parcelle 01**

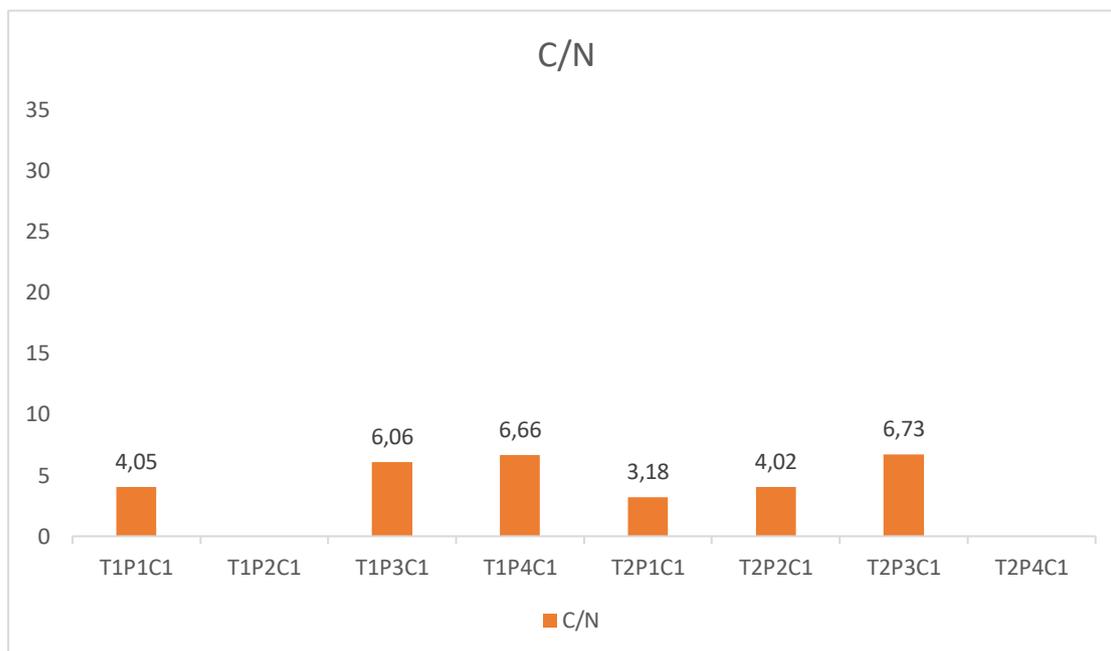


**Figure 41 : La variation d'azote des deuxièmes couches des litières des deux transects au niveau la parcelle 01**

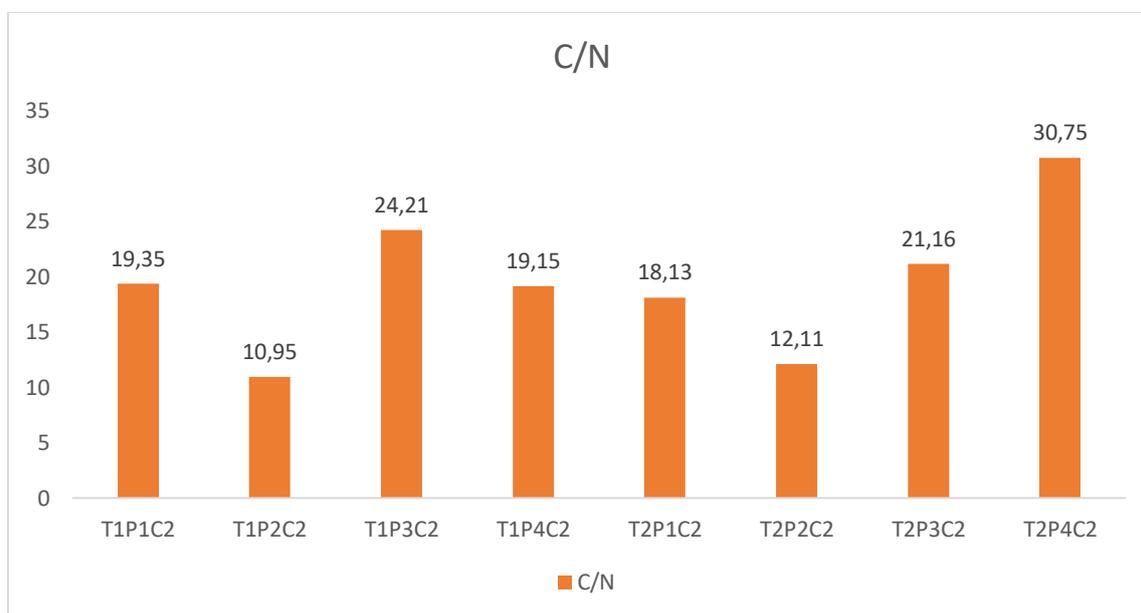
Selon les figures ci -dessus (**Fig. 40**) (**Fig. 41**) ; le taux d'azote est faible (**Annexe 03**) ; il varie entre 1.01 et 1.33%, pour la partie litière, et de 0.98 à 1.50 % pour la partie fermenté.

A partir des résultats obtenus, le faibles taux d'azote reflètent une lente minéralisation de la matière organique de la litière.

## 1.6. Le Taux de la minéralisation (C/N)



**Figure 42 : La variation du taux de la minéralisation (rapport C/N) des premières couches des litières au niveau la parcelle**



**Figure 43 : La variation du taux de la minéralisation (rapport C/N) des deuxièmes couches des litières au niveau la parcelle**

## Résultats et discussion

Selon les diagrammes réalisés (**Fig. 42**) (**Fig. 43**), le taux de minéralisation C/N des deuxièmes couches (fermenté) plus important que les couches premières (litière) ; cependant il varie entre (4.00 - 6.66) pour les couches de litière et (10,95-30.75) Pour les couches fermentées.

Le rapport C / N permet de prévoir l'importance de l'immobilisation nette ou de la minéralisation nette lors de l'incorporation au sol d'un substrat organique (**Dommergues et Mangenot, 1970 ; Swift et Al., 1979**). Le rapport C /N diminue en fonction du temps.

Si le C /N est trop élevé, les micro-organismes puisent alors dans les réserves en azote du sol, rentrant ainsi en compétition avec les plantes, car cet élément n'est plus disponible pour leur croissance. Suivant l'évolution, la communauté initiale meurt et l'azote ainsi libéré est assimilé par les populations subséquentes ou par les plantes (**Allison, 1973**).

Nous pouvons dire que dans le cas des premières couches des litières ou le rapport C/N est faible ; la litière est riche en azote, la vitesse de décomposition s'accroît. Et pour les couches fermenté on a un taux de C/N élevé ce qui explique l'absence d'assez d'azote pour permettre la décomposition du carbone (**Annexe 03**). On conclut que plus le rapport C/N d'un produit est élevé, plus la litière se décompose lentement dans le sol mais plus l'humus obtenu est stable.

## Conclusion

A partir de l'étude réalisée, nous avons pu avoir une connaissance sur les variations des paramètres pédologiques (l'humidité, le pH, la conductivité électrique, le taux de carbone, le taux d'azote) effectués sur la litière sous forêt de conifère dans la forêt de Bainem, Les résultats montrent :

- Une diminution du stock de carbone organique et de l'azote total dans les couches supérieures (litière) dans la parcelle choisie (pin d'Alep) au contraire au couches fermentés.

-La présence d'un pourcentage élevé de carbone dans la deuxième couche n'est pas toujours la preuve d'un bon stockage, car les litières ne sont qu'une étape transitoire pour un bon stockage au niveau du sol. Cela ne les prive cependant pas de son importance mais nous aide plutôt à mieux comprendre sa dynamique.- La forêt des conifères entraîne un ralentissement souvent important de l'activité biologique. Ce phénomène s'explique par :

- La complexation des protéines ou d'autres composés constituant les résidus végétaux par certains composés organiques tels que lignine.
- La toxicité de l'environnement vis-à-vis des microorganismes ou inhibition de certains complexes enzymatiques telluriques.

Au terme de cette étude et en réponse à une partie de ce projet, il sera intéressant d'élargir la portée de la recherche sur d'autres facteurs environnementaux, tels que la densité de la population, l'âge de la forêt, ainsi que l'augmentation annuelle.

## Annexe 01 : les modes opératoires

### 1. La méthode Perte en feu

Les échantillons humides ont été tamisés avec une malle de 0.5 mm et pesés 5 g d'entre eux pour être séchés dans une étuve à 105 ° C pendant 24 heures puis repesés après séchage (**Fig.21**). Les échantillons ont ensuite été brûlés à 600 ° C pendant 4 heures et pesés à nouveau (**fig.22**) (**fig.23**) (**fig.24**). La perte de poids correspond à la quantité de matière organique contenue dans La litière. Les résultats sont exprimés en pourcentage déterminant le poids de MO par rapport au poids total de l'échantillon.

### 2. Mesure du pH :

Pour effectuer la mesure de ph en suit la méthode suivante :

- 10 g de substrat végétal dilué dans 50 ml de l'eau distillée, on les mettre dans des fioles
- On place les fioles dans un agitateur pendant 60 min (**fig25**)
- On filtre les solutions obtenues par un papier filtre (**fig26**)
- on mesure la concentration des H<sup>+</sup> présents dans la solution à l'aide d'un pH-mètre. (**fig27**)

### 3. La méthode KJELDHAL-Olsen in Aubert (1967)

- **Réactifs :**

- Eau déminéralisée
- Acide sulfurique concentré **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** et **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05**
- Acide borique **H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>** : dans une fiole de 100 ml, introduire 5 ml de la solution de d'indicateur mixte et 40 g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, faire dissoudre dans l'eau distillé, si cela est nessecaire ajuster le pH de cette solution, on ajoute le NAOH dilue jusqu'à l'obtention de la couleur Blue.
- Hydroxyde de sodium concentré **NAOH**
- Sulfates de potassium **K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**
- Cuivre sulfates **CuSO<sub>4</sub>**

- **Solutions :**

-Mélange catalyseur

-Indicateurs colorés mixtes : 0.5 g de vert de bromocrésol et 0.1 g de rouge de méthyle sont dissout dans un 100 ml d'éthanol à 95 % ajuster le PH de cette solution a 4.5 avec de NAOH dilué

-Solution d'acide borique 0.05N

-Solution d'hydroxyde de sodium (NAOH) 40% : dissoudre de 400 g de NAOH dans une fiole de 1000 ml compléter de l'eau distillé

- **Matériels**

**1 – Matras ou flacon de minéralisation qui peut être un erlenmeyer de 500 ml**

**2 – appareil de Buchi**

- **Minéralisation**

-Introduire 0.5 g de substrat végétal tamisé à malle de 0.5 mm dans un matras de Kjeldahl de 250 ml

-Ajouter 20 ml de l'eau distillée, agiter légèrement

-Laisser reposer pendant 30 minutes

-Ajouter 2g de catalyseur

-Ajouter 30 ml de acide sulfurique concentré avec une éprouvette de 50 ml

-Porter à la rompre d'attaque, sous hotte bien ventilée ou bien relier les matras a un tube ou un réfrigèrent d'évacuation des fumées. Chauffer d'abord à température modérée, ensuite augmenter la température jusqu'à ébullition, l'opération peut demander plusieurs heure ; chauffer encore pendant 30 minute après la décoloration de contenu des matras qui indique que la minéralisation est bien réaliser.

- **Distillation et dosage**

-introduire 20 ml de l'extrait (v) dans le flacon de distillation ou les matras de l'appareil de Buchi.

\_ ajouter quelque goutte de rouge de méthyl

## Annexes

\_ neutraliser a la soude a 40 % (apparition de la couleur bleu ; précipitation d'hydrates de Co(OH)<sub>2</sub>), utiliser 30 ml de NAOH 10 N

-Introduire de 20 ml de l'acide borique avec 3 gouttes d'indicateur mixte dans un erlenmeyer de 300 à 500 ml et installer sous le collecteur de distillation (le bout de collecteur doit poigner dans l'acide borique).

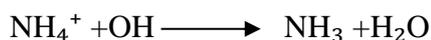
-Commencer à chauffer et distillée jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de l'ordre de 20 ml (le volume de la solution de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> sera 30 ml), rincer le collecteur a l'eau distillée et récupérer la solution de rinçage 150 ml de distillant soit recueillis, acide borique inclus dans erlenmeyer.

Titrer a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05N jusqu'au virage de vert au rose, noter le volume utiliser (V1)

Titrer 20ml de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> contenant l'Indicateur mixte avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05N jusqu'au virage de vert au rose, noter le volume utiliser (V2) pour le témoin.

### • Calcul :

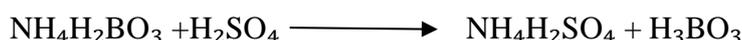
A chaud et en milieu alcalin l'ammonium se dégage sous forme de NH<sub>3</sub> selon la réaction suivante :



Ensuit le NH<sub>3</sub> est refroidi (réfrigérant a eau) et recueillir dans l'acide borique :



Ce complexe obtenu est titré avec l'acide sulfurique :



De la quantité de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> utilisée pour la titration, on calcule le taux d'azote total :

$$\text{Azote totale (N}_t\text{ \%)} = \frac{(V1 - V2) * 0.05 * 14 * 100 * 100}{V * P * 1000}$$

V1=volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05N utilisé (ml) pour la titration de l'échantillon

V2= volume H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05N utilisé (ml) pour la titration du témoin

V = volume de l'extrait passé au distillateur (20ml)

P = prise d'essai (g de terre)

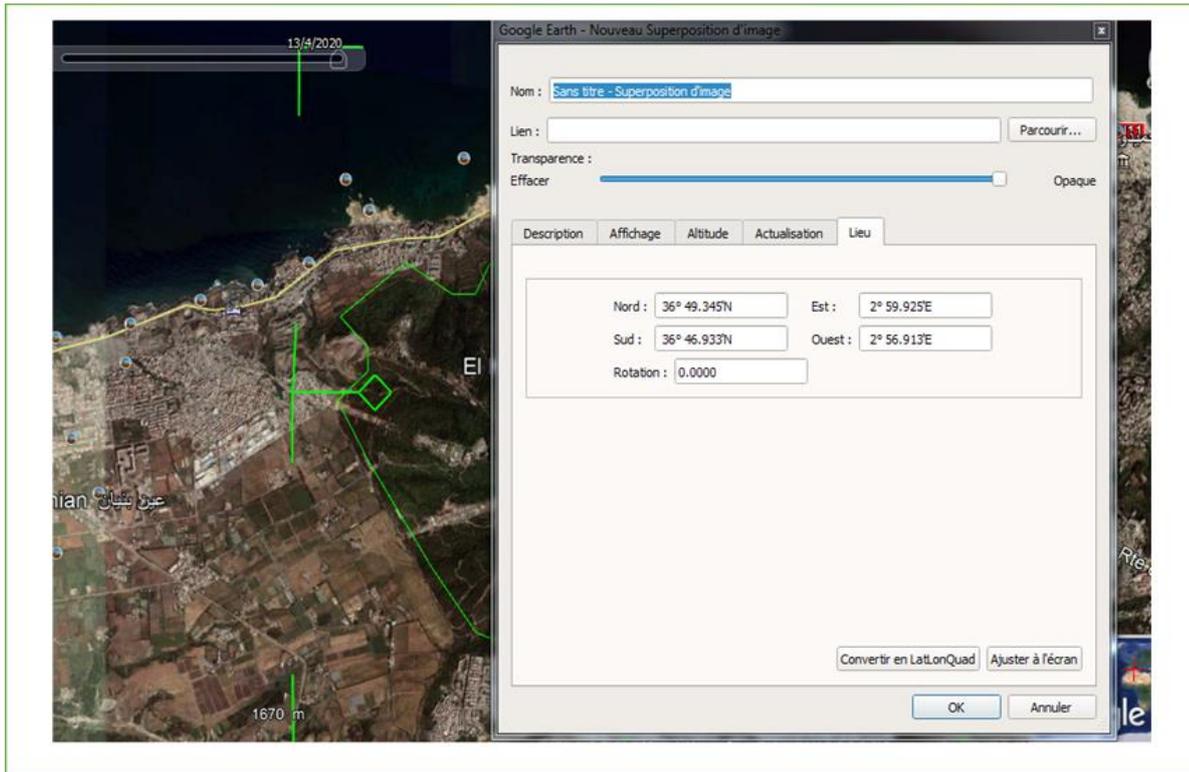
Annexe 02 : figures



**Un endroit sec pour conserver les échantillons**



**Une image montrant les mesures prises dans la zone d'étude**



**Les coordonnées géographiques la forêt Bainem sont : À partir de la recherche sur la page du site**



**Exemples de sites d'échantillonnage**

### Annexe 03 : les normes d'interprétation

- **Annexe : les normes de la méthode électrique de pH**

Les normes	pH
Sol fortement acide	pH<5
Franchement acide	5<pH<6
Légèrement acide	6<pH<6,6
neutre	6,6<pH<7,4
basique	7,4<pH<7,8
Très basique	7,8<pH<8,5

Source : MALLOUHI (1997) et YAKIN(2000), ABOMEY – CALAVI.

- **Annexe : Les normes d'interprétation de conductivité électrique**

Les normes	La conductivité électrique dc/m
Sol non salé	CE<2
Sol peu salé	2<CE<4
Sol salé	4<CE<8
Sol très salé	8<CE<16
Sol extrêmement salé	>16

- **Annexe : les normes d'interprétation de l'azote total (MOH et RIDUAN, 2009)**

Les normes	Taux de l'azote %
Très pauvre	<0,1
Pauvre	0,1 à 0,3
Moyennement pauvre	0,3 à 0,6
Riche	0,6 à 1

### Le Ratio C/N

- Le rapport carbone/azote de la litière fraîche est élevé, de 30 à plus de 100
- Les espèces dont les feuilles sont relativement riches en azote libèrent sensiblement au même rythme le gaz carbonique et l'azote minéralisés (le C/N baisse peu) alors que pour des C/N plus élevés la libération d'azote diminue par rapport à celle du gaz carbonique (**DUCHAUFOR, 1965 et 1977**).
- Le ratio C : N diminue en fonction du temps.

## Références bibliographique

**Aime S., (1991) :** Etude écologique de la transition entre les bioclimats sub humides, semi arides et arides dans l'étage thermo-méditerranéen du tell oranais (Algérie nord occidentale) .thèse d'état .Univ . Aix - Marseille 3. 190p.

**Ait Ben Amar Et Ahriz ., (1982) :** Contribution à la cartographie des sols de la forêt de Bainem. Mémoire Ing, Inst.Nat.Agro.El-Harrach-Alger, 80p.

**AHRIZ N ET AIT BENAMARA H., (1993) :** Contribution à la cartographie des sols de la forêt de Bainem. Thèse d'ingénieur d'Etat en Agronomie, E.N.S.A Alger ,49p.

**Allison, F.E., (1973):** «Soil organic matter and its role in crop production». Development in soil science 3. Elsevier Scientific Publishing Compagny, Amsterdam, 637 p.

**André J., (1997) :**La phase hétérotrophe du cycle sylvigénétique, Dossiers de l'environnement de l'Inra. 15, Spécial forêts, pp. 87-99.

**Apps, M.J., P.Y. Bernier et IS Bhatti.,( 2006) :** Forests in the Global Carbon Cycle: Implications of Climate Change». In C/imate Change and Managed Ecosystems, sous la dir. de IS. Bhatti, R. Lal, M.J. Apps, and M.A. Priece, p. 175-200. Florida, USA: Taylor & Francis Group, Boca Raton.

**Armentano, T. V. et C. W. Ralston ., (1980) :** « The role of temperate zone forests in the global carbon cycle ». Canadian Journal of Forest Research, vol. 10, no. 1, p. 53-60

**Aubert G., (1986) :** Observations sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols dits (salés) ou salsodiques. Cahier d.ORSTOM, série. Pédologie, XX, 1, pp. 73 -78.

## Références bibliographique

**Bagnouls. L Et Gaussen. H., (1953)** : Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. N° 88. pp 193-239.

**Bakiri .E., (1980)** : Note sur la forêt domaniale de Bainem L.N. R. E.F.52p.

**Baldock J.A., and P.N. Nelson; (1999)**: Soil organic matter. p. B-25–B- 84. In M.E. Sumner (ed.) Handbook of soil science. CRC Press, Boca Raton, Florida

**Baldock J.A. and Skjemstad J.O; (2000)**: Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. Organic geochemistry, 31: 697-710.

**Balesdent J, Chenu C, Balabane M (2000)** : Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research*, **53**, 215–230

**Beauchamp .J ; (2003)** : Propriétés des sols, Université de Picardie Jules Verne, <http://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/sol.htm>

**Bechkok ; (1978)** : Etude de la productivité de l'eucalyptus cladocalyx .F.V.M dans la forêt domaniale de BAINEM.Thèse.Ing.Agro.INA.Alger.44p

**Bensid Z ;(1996)** : Etude expérimentale de la dynamique des litières dans deux stations forestières des hautes altitudes Aurassiennes (Monts de Chelia) :- Incidences de la nature du couvert forestier sur les microflore telluriques -Turnover des retombées biologiques (minéralisation, réorganisation et humification). Thèse de Mag. INES de Batna.

**Berg, B., C. McClaugherty, A.V. De Santo et D. Johnson., (2001)** : « Humus buildup in boreal forests: effects of litter fall and its N concentration ». Canadian Journal of Forest Research, vol. 31, p. 988-998.

## Références bibliographique

**Berg B.,b M.P. Berg, P. Bottner, E. Box, A. Breymeyer, R. Calvo de Anta, M. Coûteaux, A. Bernoux, M., Feller, C., Cerri, C., Eschenbrenner, V., Cerri, E.P.,(2004) :** Sequestration du carbone dans le sol. In: E.J. Roose, G.D.N.N.G., Prat Christian, Francis Ganry, Gérard Bourgeon (Ed.), Gestion de la biomasse, Erosion et séquestration du carbone,

**Martial Bernoux', Christian F'eller, Vincent Eschenbrenner, Carlos C.**

**Cerr1, Carlos E. P. Cerri.,(2004) :** Séquestration du carbone dans le sol

**Bhattacharyya R., Prakash V., Kundu S., Srivastva A.K., Gupta H.S., Mitra S., (2009):** Long term effects of fertilization on carbon and nitrogen sequestration and aggregate associated carbon and nitrogen in the Indian sub-Himalayas. Nutrient Cycling in Agroecosystems 86 (1):1–16.  
**Bilgo A., 2005.** Statut organo-minéral et biologique des sols dans les systèmes culture-jachère naturelle de courte durée ou améliorée à *Andropogon gayanus* Kunth. Cas de Bondoukuy en zone sud soudanienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat Unique en Sciences Biologiques Appliquées, Option Biologie et Écologie Végétales, Université de Ouagadougou, 177 p

**Bonan, G.B., (1991):** « A biophysical surface energy budget analysis of soil temperature in the boreal forests of interior Alaska ». Water Resources Research, vol. 27, p. 767-781

**Boudy., (1952) :** Guide du forestier en Afrique du nord. Ed. La maison rustique, Paris. 505p.

**Boudy.P., (1955) :** Economie forestière nord-africain .description forestière de l'ALGERIE et la TUNISIE T4., ed la rose,paris 483.

## Références bibliographique

**Boyer J., (1982) :** Les sols ferrallitiques. Tome X. Facteurs de fertilité et utilisation des sols. Initiations-Documents techniques.

**BRA Y J. R., GORHA M P.,( 1964) :** Litter production in forests of the world. Adv. F col. Research, 2, 101-157.

**Chenu, C., Balabane, M ; (2001) :** Une approche des matières organiques par leurs fonctions. Perspectives agricoles 272, 42-45.

**Calvet. R., Chenu. C., Houot.S., (2011) :** Les matières organiques des sols. Rôles agronomiques et environnementaux. Editions France Agricole.

**Cao, M., Woodward, F.I.,(1998) :** Dynamic responses of terrestrial ecosystem carbon cycling to global climate change. Nature 393, 249-252.

**Coûteaux M., P. Bottner, et B. Berg, (1995) :** Litter decomposition climate and litter quality. Trends Ecol. Evol. 10 : 63-66.

**Dachary.C., (1967) :** Contribution à l'étude des sols rouges du sahel d'Alger .Thèse de doctorat 3ème cycle en Géodynamique externe ,76p.

**Djebail S., (1978) :**Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algériens. Thèse Doct. Etat, Univ. Sei. Techn. Languedoc, Montpellier, 220p. +annexes.

**Djelloul .GH., (2012) :** Systématique et bioécologie des acariens du sol (Acari-Oribatida) en Algérie,thèse 26p.

**Dommergue, S. Y., Mangenot, F., (1970) :**«Écologie microbienne du sol». Masson & Cie, Paris, 796 p.

## Références bibliographique

**Duchaufour P., (1977)** : Pédologie. 1. Pédogénèse et classification. T. 1., première édition. Paris, Masson. 477 p.

**Duchaufour. P., (1991)** : «Pédologie : sol, végétation, environnement». Troisième édition. Masson, Paris, 189 p

**Duchaufour, P. (2001)** : Introduction à la science du sol : Sol, végétation, environnement. 6ème édition. ed. Editions Dunod, Paris

**Edwards, C.A. & G.W. Heath., (1963)**: The role of soil animals in breakdown of leaf material. In *Soil organisms*, eds. J. Doeksen and J. V an der Drift. Amsterdam, North-Holland Publ. Co., pp. 76-84

**Eglin T., Ciais P., Piao S.L., Barre P., Bellassen V., Cadule P., Chenu C., Gasser T., Koven C.,Emberger L ., (1939)** : Aperçu général sur la végétation du Maroc .Verof. Geobot. Inst. Rübel Zurich, 14 pp : 40-157.

**Emberger (L.), (1939)** — Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc, 1/500 000°. Ed. Hans Huber, Berne.

**Emberger L.,( 1942)** : Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique .bull . Sc. Hist. Nat. Toulouse, 77p:97-124.

**Emberger, L. (1955)**. Une classification biogéographique des climats. Rev. Trac. Bot. Géol. Zool. Fase. Sci. Montpellier, série botanique: 343p

**Facelli J.M., et S.T.A. Pickett., (1991)**: Plant litter: dynamics and effects on plant community structure. Bot. Rev. 57 : 1-32.

**FAO ., (2002)** : la séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des terres. Rapport sur les ressources en sols du monde. FAO, Rome 01p

## Références bibliographique

**Frontier, S., Pichot-Viale, D., (1993)** : «Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution». Deuxième édition revue et augmentée. Masson, Paris, 447 p.

**Giec .,(2013)** : changements climatiques 2013 ; Les éléments scientifiques, Rapport accepté par le Groupe de travail I du GIEC mais non approuvé dans le détail Et Foire aux questions.

**Ge S., Xu H., Ji M., Jiang Y., (2013)** :Characteristics of Soil Organic Carbon, Total Nitrogen, and C/N Ratio in Chinese Apple Orchards. Open Journal of Soil Science, 2013 .

**Hamadi , K.,( 1998)** : Bioécologie de la faune orthoptérologique en Mitidja. Etude de l'activité biologique d'extraits de plantes acridifuges sur *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804) (Orth. Acrididae). Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, p: 149

**Haynes R.J., (1986)**: The decomposition process: rmineralization, immobilization, humus formation and degradation. In : R.J. Haynes (éd.), Mineral Nitrogen in the Plant-Soil System., Academic Press, Orlando. FI. pp. 52-176.

**Heal O.W., et J. Dighton, (1985)**: Resource quality and trophic structure in the soil system. In : A.H. Fitter, D. Atkinson, D.J. Read et M.B. Usher (éds.), Ecological Interactions in Soil, Plants, Microbes and Animals. Blackwetl Scientific Publications, London, pp. 339-354.

**Heath, G.W., Edwards, C.A. & Arnold M.K. (1964)** : Some methods for assessing the activity of soil animals in the breakdown of leaves. *Pedobiol.*, 4:80-87.

**Houeroun. H., (1959)** : Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. Thèse doctorat, Uni, Montpellier ; publication Inst. Rech. Sahariennes, Alger, 3 vol, p 503.

## Références bibliographique

**IPCC. (2007):** Climate Change 2007 - The Physical Science Basis - Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In.

**IPCC. (2008):** Climatic Change 2007: The Physical Science Basis–Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the fourth Assessment Report of the International Panel on Climate Change (eds S. Solomon et al.). Cambridge University Press, Cambridge.

**ITAB. (2002) :** Activités biologiques et fertilité des sols : Intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles. Cambridge University Press, Cambridge, p. 996.

**Jenkinson DS, Adams DE, Wild A (1991).** Model estimates of CO<sub>2</sub> emissions from soil in response to global warming. Nature 351:304–306.

**Käärik, A.A., (1974):«Decomposition of wood». In:** C.H. Dickinson & G.J.F. Pugh (eds.), Biology of plant litter decomposition, Volume I, Academic Press, London, pp. 129-174.

**Kadir .B ; (1974) :** les arboretums et places d'essai forestiers. Doc.poly.,inst. Nat.Rech.forest, Bainem, 4p.

**Kögel-Knabner I (2002) :** La composition organique macromoléculaire dans les résidus végétaux et microbiens comme intrant dans le sol. Soil Biol Biochem 34: 139-162

**Kranabetter, I. Morrison, M. Siltanen, S. Smith, B. Titus, S. Visser, R. Wein, et S. Zoltai.,( 1999):** Litter decomposition rates in canadian forests. Global Change Biol. 5: 75-82.

## Références bibliographique

**Lal R., Kimble J., Follett R. (1997):** Soil quality management for carbon sequestration. In: Lal R. et al. (eds.): Soil Properties and their Management for Carbon Sequestration. US Dep. Agr., Nat. Res. Conserv. Serv., Nat. Soil Surv. Cent., Lincoln, NE: 1–8.

**Liski J. & C.J. Westman. (1997):** a. Carbon storage in forest soil of Finland. 1 - Effect of thermoclimate, *Biogeochemistry*, 36, 239-260.

**Liski J. & C.J. Westman. (1997):** b. Carbon storage in forest soil of Finland. 2 - Size and regional patterns. *Biogeochemistry*, 36, 261-274.

**Madge, D.S., (1965):** Leaf fall and litter disappearance in a tropical forest. *Pedobiol.*, 5: 273-288.

**Makipaa, R., Karjalainen, T., Pussinen, A. et Kellomaki, S. (1999) :** Effects of climate change and nitrogen deposition on the carbon sequestration of a forest ecosystem in the boreal zone. *Canadian Journal of Forest Research* 29 (10): 1490-1501.

**Malhi, Y., Baldocchi, D.D., Jarvis, P.G., (1999) :** The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant, Cell and Environment* 22, 715-740.

**Mangenot F. Et Toutain F., (1980) :** Les litières. In : Actualités d'écologie forestière. P. Pesson (ed.), Bordas, 3-59

**Mangenot.F., (1980):** les litières forestières signification écologique et pédologique r.f.f. xxxii - 4-1980 .340-345 p

**Meyer F.H., (1960):** Comparison of the microbial decomposition of spruce and beech litter on different soil types. *Arch. Mikrobiol.*, 35, 340-360.

## Références bibliographique

**Mitchell, J.F.B., S. Manabe, V. Meleshko Et T. Tokioka ., (1990 )** :Equilibrium climate change and its implications for the future. In Houghton, J.T., G.J. Jenkins and J.J. Ephraums (Ed.). Climate Change, The IPCC scientific assesment (p. 131-172). University press, Cambridge.

**Moore T.R., J.A. Trofymow, B. Taylor, C. Camiré, L. Duchesne, J. Fyles, L. Kozak, M. Escudero, A. Gallardo, W. Krak, M. Madeira, E. Malkonën, C. McClaugherty, V. Meentemeyer, F. Mufioz, P. Piussi, J. Remacle, et A. Vivo de Santo, (1993):** Litter mass loss rates in pine forests of Europe and Eastern United States: some relationships with climate and litter quality. **Biogeochemistry 20: 127- 159.**

**Stewart P., (1969)** : Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 59, p.23-36.

**Mustin M., (1987)** : Le composte, gestion de la matière organique, Ed, François Dubusc, Paris, 954 p

**Moukoui, J., Munier-Lamy, C., Berthelin, J. and Ranger, J. (2006 ):** Effect of tree species substitution on organic matter biodegradability and mineral nutrient availability in a temperate topsoil, Ann. For. Sci. 63(7): 763-771.

**Meddour .,(1981)** : Etude des groupement végétaux de la foret de Bainem, cartographie , amplitude écologique .thèse.ing.agro. inst .nat .agro., alger,98p.+annexe.

**Northup R.R., RA. Dahlgren, et J.G. McColl, (1998):** Polyphenols as regulators of plant-litter-soil interactions in northern California's pygmy forest: A positive feedback? **Biogeochemistry 42: 189-220**

## Références bibliographique

**Oubouchou . R., (1984)** : Contribution à l'étude des groupements végétaux dans la forêt domaniale de Bainem, inventaire cartographique, Thèse Ing. Agro. INA. Alger. 75p.

**Quéney Auguste. (1938)** La broussaille d'Alger-Bouzaréa (suite et fin). In : Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, 7<sup>e</sup> année, n°3, mars 1938. pp. 68-75 ;

**Quezel., (1976)** : Les forêts de pourtour méditerranéen. Note technique du MAB, UNESCO, p 14-32.

**Raguotias. D., (1967):** Biological activity of sod-podzolic forest soils of the Lithuanian SSR. Soviet Soil Sc., 6, 751-756.

**Reichstein M., Smith P:** Historical and future perspectives of global soil carbon response to climate and land-use changes. -Tellus Series B - Chemical and Physical Meteorology, 62, 2010, pp. 700-718.

**Reiners, W.A., (1968):** Carbon dioxide evolution from the floor of three Minnesota forests. *Ecol.*, 49: 471-483

**Robert. M., (2002)** : Rapport sur les ressources en sols du monde. Rome, 55 p.

**Rossi.M., André.J., Vallauri.D.,( 2015):** Le carbone forestier en mouvements. Éléments de réflexion pour une politique maximisant les atouts du bois. Lyon, Rapport REFORA, 5 pages.

**Runov E.V., Sokolov D.F., (1958):** Changes in the composition of organic matter and microflora of leached chernozems under the influence of forest plantations. Byull. Moskov. Obslich. Ispytat., 63, 51-54. (D'après le résumé Soils Fertil, 22 (6), 190).

## Références bibliographique

**Schlesinger W.H., (1986):** Changes in soil carbon storage and associated properties with disturbance and recovery. In: The changing carbon cycle, a global analysis. J.R. Trabalka & D.E. Reichle (eds), Springer- Verlag, New York, 11, 194-220.

**St-Laurent, S., R. Ouimet, S. Tremblay Et L. Archambault., (2000) :** Évolution des stocks de carbone organique dans le sol après coupe dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est du Québec. Canadian Journal of Forest Research 80 : 507-514

**Sundquist, ET., (1993) :** «The global carbon dioxide budget ». Science, vol. 259, p. 934-941.

**Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M., (1979) :** «Decomposition in terrestrial ecosystems». Studies in ecology, volume 5, University of California Press, Bekerley, 372 p.

**Swift M.J., (1982):** Basidiomycetes as components of ecosystems. In: J.C. Frankland, 3.N. Hedger et M.J. Swift (éds.), Decomposer Basidiomycetes : Their Biology and Ecology. Cambridge University Press, London, pp. 307-337.

**Tans, P.P., LV. Fung, et T. Takahashi., (1990):** « Observational constraints on the global atmospheric CO2 budget ». Science, vol. 247, p. 1431-1438.

**Theng .B. K. Tore and P. Sollins, (1989):** Constituents' organic matter in temperate and tropical soils. In : Coleman, D., Oades J., Uerha G. (Eds.), Dynamics of Soil Organic Matter in tropical Ecosystems Niffal Project, University of Hawaii, p 5 - 32.

**Thinthoin., (1948) :** Les aspects physiques du Tell oranais. L. Fouquet, Oran, 639 p

**Valentini R, Matteucci G, Dolman H.,( 2000) :**Respiration as the main determinant of carbon balance of European forests. Nature 404: 861–865.

## Références bibliographique

**Wiant, Jr., H.V., (1967):- a** Influence of temperature on the rate of soil respiration. *J. For.*, 65: 489-490.

**Wiant, Jr., H.V., (1967): -b.** Influence of moisture content on soil respiration. *J. For.*, 6:3, 902-903

**Witkamp, M., (1966):** Decomposition of litter in relation to environmental factors. *Plant & Soil*, 15: 295-311.

**Witkampm. Dodsong. J., (1962):** Microbiology of forest litter. Health physics division annual progress report, Juillet, ORNL 3347, 64.

**Williams, S. T., Gray, T. R. G., (1974):** «Decomposition of litter on the soil surface». In: C.H. Dickinson & G.J.F. Pugh (eds.), *Biology of plant litter decomposition*, Volume II, Academic Press, London, pp. 611-632.

**Zhang C.H., Z. M. Wang, W. M. Ju., Ren C. Y., (2011) :** Spatial and Temporal Variability of Soil C/N Ratio in Songnen Plain Maize Belt. *Environmental Science*, Vol. 32 (5): 1407-1414.